



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC144542

**PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP STUKTUR PELAT
LANTAI MENGGUNAKAN HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1 APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY**

RISAS ROMADHON RIDHOH

NRP. 10111715000046

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IMAM PRAYOGO, M.MT.

NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, M.T.

NIP. 19571201 198601 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG

TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2018

FINAL PROJECT APPLIED - RC144542

**THE APPLICATION OF VALUE ENGINEERING ON FLOOR PELATE
STUCTURE USING HALF SLAB PRECAST IN THE 3th - 25th FLOOR
OF TOWER 1 APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY PROJECT**

RISAS ROMADHON RIDHOH

NRP. 10111715000046

CONSELLOR LECTURE

Ir. IMAM PRAYOGO, M.MT.

NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, MT.

NIP. 19571201 198601 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2018



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC144542

PENERAPAN *VALUE ENGINEERING* TERHADAP STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN *HALF SLAB PRECAST* PADA LANTAI 3-25 PROYEK GEDUNG TOWER 1 APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

RISAS ROMADHON RIDHOH

NRP. 10111715000046

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IMAM PRAYOGO, M.MT.

NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, MT.

NIP. 19571201 198601 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2018



FINAL PROJECT APPLIED - RC144542

**THE APPLICATION OF VALUE ENGINEERING ON FLOOR PELATE
STUCTURE USING HALF SLAB PRECAST IN THE 3th - 25th FLOOR OF
TOWER 1 APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY PROJECT**

RISAS ROMADHON RIDHOH

NRP. 10111715000046

CONSELLOR LECTURE

Ir. IMAM PRAYOGO, M.MT.

NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, MT.

NIP. 19571201 198601 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2018

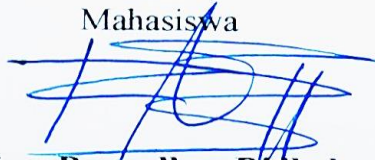
LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN *VALUE ENGINEERING* TERHADAP STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN *HALF* *SLAB PRECAST* PADA LANTAI 3-25 PROYEK GEDUNG TOWER 1 APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
pada
Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil
Lanjut Jenjang
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Insititut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :
Mahasiswa



Risas Romadhon Ridhoh
NRP. 10 111715 0000 46

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :
Pembimbing 1 Pembimbing 2

30 JUL 2018





Ir. Imam Prayogo, M.MT

Ir. Sukobar, M.T.

NIP. 19530529 198211 1 001 NIP. 19571201 198601 1 002

No. Agenda :
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 09/07/2018

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
		
	Ir. Imam Prayogo, MMT NIP -	Ir. Sukobar, MT NIP 19571201 198601 1 002



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025

<http://www.dipomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

: 1. RISAS ROMADHON R 2

NRP

: 1. 10 111715 0000 46 2

Judul Tugas Akhir

: PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP STRUKTUR PLAT LANTAI MENGGUNAKAN HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25 PROYEK GEWANG TOWER 1 APARTEMEN TAMANSARI - MATOGA N.T.

Dosen Pembimbing

: 1. Ir. Imam Prayogo, MMT.
 2. Ir. Supobar, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	29-3-2018	1. Value apa yg dibahas?				
		2. Untuk Biaya pakai PAP baik C&S atau Precast	<i>[Signature]</i>	B	C	K
		3. Break down mulai Biaya waktu dan Volume		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		4. Untuk bahasan K3 terkait mitigasi K3.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	30-3-2018	1. Data sudah lengkap				
		2. Biaya struktur plat dan waktu (BOQ) harus detail.	<i>[Signature]</i>	B	C	K
		3. Penghematan yang terjadi ada dimana (item pekerjaan).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	26-4-2018	1. LCC di break down tentang item pekerjaan		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2. analisa struktur masuk sub bab kreatif	<i>[Signature]</i>			
		3. analisa biaya masuk sub bab kreatif		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		4. Produktifitas pakai. AHSR				

5. Produktifitas, kreatifitas, dan lain

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025
<http://www.diploماسipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

: 1 RISAS ROMADHON RIDHOH 2

NRP

: 1 10111715 0000 46 2

Judul Tugas Akhir

: PENERAPAN VALU ENGINEERING TERHADAP STRUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25 PROYEK GEDUNG TOWER 1 APARTEMEN TAMAN SARI - MAHOGANY

Dosen Pembimbing

: 1. Ir. Imam Prayogo, MMT
 2. Ir. Sukobar, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4	27-4-2018	- asistensi perhitungan plat Precast (tebal, ukuran, tumpuan)				
5	30-4-2018	- untuk syarat volume beton precast sudah sesuai		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- perhitungan tower 1 dan 2 disamakan tapi				
		4 metode pelaksanaan		B	C	K
		bisa di seri atau paralel		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Biaya redesain diambil dari peraturan yang ada.				
6	21-5-2018	- 4/ Biaya langir tetap di perhitungan, atau pakai 2 Tower crane		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- 4/ Belesting Pakai metal foam				
		- 4/ analisa penyajian disilahkan.		B	C	K
		- Selesai s/d Kiny & Sun		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	22-5-2018	- 4/ analisa harga dicheck lagi apakah sudah sesuai harga real				
		- Gambar tumpuan plat.		B	C	K
		- Biaya panyanaga diperhitungkan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	28/05/18	Bisa dilanjutkan smpai selesai				

Kes

B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>


ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 RISAS ROMADHON RIZTOH 2

NRP : 1 10 111715 0000 46 2

Judul Tugas Akhir : PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25 PROYEK GEDUNG TOWER 1 APARTEMEN TAMANSARI MAHABANY.

Dosen Pembimbing : 1. Ir. Imam Prayogo, MMT
2. Ir. Sukobar, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
9	4-6-2018	Detail gambar dengan balok resisting / part				
		velocity & momen pada pelat		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal

**PENERAPAN *VALUE ENGINEERING* TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN *HALF
SLAB PRECAST* PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1 APARTEMEN
TAMANSARI MAHOGANY**

Nama Mahasiswa : Risas Romadhon Ridhoh
NRP : 10111715000046
Jurusan : D-IV Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Imam Prayogo, MMT
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Sukobar, MT.

ABSTRAK

Apartemen Tamansari *Mahogany* merupakan apartemen yang terdiri atas 3 tower (tower 1 & 2 apartemen dan tower 3 condotel) dengan pelaksanaan secara konvensional pada pekerjaan stuktur primer dan sekundernya. Pada pekerjaan stuktur memiliki biaya pekerjaan sebesar Rp. 61.180.932.730 yang memiliki bobot 37,54% dimana untuk stuktur sekunder pelat lantai memiliki bobot 28,92% dengan volume pekerjaan 2.544 m³ yang memiliki potensi untuk dilakukannya *value engineering* dengan beton precast karena volume pekerjaan \pm 2.200 m³. Untuk mendapatkan penghematan dalam dilakukannya *value engineering* dengan metode *half slab precast*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah dengan digantinya metode konvensional yang diusulkan saat tahapan kreatif dengan metode *half slab precast*. Untuk penghematan yang didapat dari dilakukannya *value engineering* adalah Rp. 873.161.890 dengan bobot 11,29% dari nilai pekerjaan pada metode konvensional sebesar Rp. 7.735.002.383 dan pada metode *half slab precast* sebesar Rp. 6.861.840.493.

Kata kunci : Apartemen, Value Engineering, Pelat Lantai, Half Slab Precast, Penghematan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**THE APPLICATION OF VALUE ENGINEERING ON
FLOOR SLAB STRUCTURE USING HALF SLAB
PRECAST IN THE 3th – 25th FLOOR OF TOWER 1
APARTMENT TAMANSARI MAHOGANY PROJECT**

Name of Student : Risas Romadhon Ridhoh
NRP : 10111715000046
Major : DIV Civil Infrastructure FV-ITS
Supervisor 1 : Ir. Imam Prayogo, MMT
Supervisor 2 : Ir. Sukobar, MT.

ABSTRACT

The Tamansari Mahogany Apartment is an apartment consisting of 3 towers (tower 1 & 2 for apartments and tower 3 for condotel) with conventional work for primary and secondary structure. On the structure has a work cost of Rp 61,180,932,730 which has a weight of 37.54% where for the secondary structure the floor slab has a weight of 28.92% with a working volume of 2,544 m³ which has the potential for value engineering with precast concrete due to the work volume of $\pm 2,200$ m³. To obtain savings in the value engineering done by half slab precast method. The results obtained from this research is with replace conventional methods proposed during the creative stage to half slab precast method. Savings gained from the value engineering is Rp. 873,161,890 with a weight of 11.29% of the value of work on conventional methods of Rp. 7,735,002,383 and on half slab precast method of Rp. 6,861,840,493.

Keywords : Apartment, Value Engineering, Floor Slab, Half Slab Precast, Savings.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul Penerapan *Value Engineering* Terhadap Stuktur Pelat Lantai Menggunakan *Hafl Slab Precast* Pada Lantai 3-25 Proyek Gedung Tower 1 Apartemen Tamansari Mahogany.

Pembuatan tugas akhir ini dimaksudkan untuk memaparkan hasil perencanaan tugas akhir penulis serta sebagai syarat kelulusan, dan dimaksudkan dapat memenuhi persyaratan dalam mengambil gelar Sarjana Teknik Terapan. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada :

1. Allah SWT atas segala nikmat-Nya akan ilmu ini.
2. Kedua orang tua dan saudara yang telah memberikan dukungan moril dan materil serta doa akan kelancaran dalam mengerjakan tugas akhir.
3. Ir. Imam Prayogo, MMT dan Ir. Sukobar, MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
4. Segenap dosen dan karyawan program Insfrastuktur Teknik Sipil.
5. Semua teman-teman yang selalu menemani, memberi dukungan, doa serta saran selama pengerjaan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini terdapat beberapa kekurangan sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran dalam tersempurnakannya tugas akhir ini, dan juga penulis mengharapkan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 25 Juli 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Maksud.....	3
1.5 Tujuan	3
1.6 Manfaat	4
1.7 Peta Lokasi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Value Engineering (VE)	7
2.1.1 Sejarah.....	7
2.1.2 Arti <i>Value</i> (Nilai).....	9
2.1.3 Faktor-Faktor Penggunaan <i>Value Engineering</i>	11
2.1.4 Tahapan Studi Value Engineering	11
2.1.4.1 Tahap informasi	11
2.1.4.2 Tahap kreatif.....	13
2.1.4.3 Tahap analisis Fungsi.....	14
2.1.4.4 Tahap pengembangan	18
2.1.4.5 Tahap rekomendasi	19
2.2 Beton Pracetak.....	20
2.2.1 Pengertian Beton Pracetak	20
2.2.2 Pelat Lantai.....	20
2.2.3 Fase Penanganan Produk Pracetak.....	21
2.3 Analisa Stuktur Pelat beton Pracetak (<i>Half Slab Precast</i>)	22
2.3.1 Perencanaan Tebal <i>Half Slab Precast</i>	23
2.3.2 Analisa Pembebanan.....	23
2.3.3 Analisa Gaya Dalam dan Perhitungan Stuktur	24

2.3.3.1 Perencanaan <i>Half Slab Precast</i> Saat Pengangkatan dan Penumpukan	24
2.3.3.2 Perencanaan <i>Half Slab Precast</i> Sebelum Komposit	26
2.3.3.3 Perencanaan <i>Half Slab Precast</i> Setelah Komposit ..	29
2.3.3.4 Perencanaan Tulangan Geser Diafragma <i>Half Slab Precast</i>	31
2.3.3.5 Perencanaan Sambungan <i>Half Slab Precast</i>	31
2.4 Perhitungan Volume Pekerjaan	32
2.4.1 Perhitungan Volume <i>Half Slab Precast</i>	32
2.4.2 Perhitungan Volume Pembesian (<i>Topping</i>)	32
2.4.3 Perhitungan Volume Beton (<i>Topping</i>)	32
2.5 Perhitungan Waktu Pelaksanaan	33
2.6 Perhitungan Rencana Biaya Pekerjaan	33
2.7 K3 (Keselamatan Dan Kesehatan Kerja)	37
2.7.1 Pemenuhan Peraturan Perundang-Undangan Dan Persyaratan Lainnya	38
BAB III METODOLOGI	41
3.1 Alur dan Prosedur yang Digunakan	41
3.1.2 Prosedur Penelitian	49
3.1.2.1 Tahap Informasi	49
3.1.2.2 Tahap Kreatif	49
3.1.2.3 Tahap Analisis	50
3.1.2.4 Tahap Pengembangan	51
3.1.2.5 Tahap Rekomendasi	51
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Tahap Informasi	53
4.1.1 Data Proyek	53
4.1.2 Struktur Organisasi	56
4.1.3 Spesifikasi Teknis	57
4.1.4 Daftar Peralatan yang Digunakan	58
4.1.5 Gambar Proyek	58
4.1.6 Cost Model	58
4.1.7 Pemilihan Pekerjaan	62

4.2 Tahap Kreatif.....	62
4.2.1 Analisa Stuktur	63
4.2.1.1 Data Perencanaan Pelat.....	64
4.2.1.2 Perencanaan Tebal Pelat	66
4.2.1.3 Pembebanan Pelat Lantai.....	69
4.2.1.4 Kombinasi Pembebanan Pelat Lantai.....	71
4.2.1.5 Perhitungan Tulangan Pelat 1 Arah	72
4.3.1.5.1 Penulangan Sebelum Komposit Akibat Pengangkatan	73
4.3.1.5.2 Penulangan Pracetak Sebelum Komposit	78
4.3.1.5.3 Penulangan Pracetak Sesudah Komposit	81
1.3.1.5.4 Penulangan Tulangan Penyaluran Pelat 1 Arah	84
1.3.1.5.5 Penulangan Tulangan Angkat dan Strand	85
1.3.1.5.6 Kontrol Lendutan Pelat 1 Arah	87
1.3.1.5.7 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan	87
4.2.1.5.8 Kontrol Tegangan Saat Pengangkatan	89
4.2.1.5.9 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan.....	92
4.2.1.5.10 Kontrol Tegangan Saat Pengecoran	93
4.2.1.5.11 Rekap Penulangan Pelat 1 Arah	95
4.2.1.6 Perhitungan Tulangan Pelat 2 Arah	96
4.3.1.5.1 Penulangan Sebelum Komposit Akibat Pengangkatan	97
4.3.1.5.2 Penulangan Pracetak Sebelum Komposit	102
4.3.1.5.3 Penulangan Pracetak Sesudah Komposit	105
4.3.1.5.4 Penulangan Tulangan Penyaluran Pelat 2 Arah	108
4.3.1.5.5 Penulangan Tulangan Angkat dan Strand ..	109
4.3.1.5.6 Kontrol Lendutan Pelat 2 Arah	111
4.3.1.5.7 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan	111
4.3.1.5.8 Kontrol Tegangan Saat Pengangkatan	113
4.3.1.5.9 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan.....	116
4.3.1.5.10 Kontrol Tegangan Saat Pengecoran	117
4.3.1.5.11 Rekap Penulangan Pelat 2 Arah	118
4.3.2 Perhitungan Waktu Pelaksanaan	119

4.3.3 Perhitungan Biaya Pekerjaan	133
4.3 Tahap Analisis Fungsi	144
4.3.1 Cost & Worth	144
4.3.2 <i>Analitical Hierarchy Process</i> Pekerjaan Pelat.....	145
4.3.2.1 Pohon Hirarki	145
4.3.2.2 Pembobotan Kriteria	145
4.3.2.3 Penilaian Alternatif Menurut Bobot Kriteria.....	148
4.3.2.3 Sintesa Penilaian Alternatif Dengan Kriteria	152
4.4 Tahap Pengembangan.....	153
4.4.1 Selisih Biaya Eksiting Dengan Alternatif	154
4.5 Tahap Rekomendasi	158
4.5.1 Desain Eksisting	158
4.5.2 Desain Usulan.....	159
4.6 Metode Pelaksanaan	160
4.6.1 Umum.....	160
4.6.2 Proses Fabrikasi.....	160
4.6.3 Proses Penyimpanan	162
4.6.4 Proses Pengangkatan	163
4.6.5 Proses Pemasangan	170
4.7 K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja)	173
4.7.1 Kelengkapan Administrasi K3	174
4.7.2 Penyusunan <i>Safety Plan</i>	174
4.7.3 Pelaksanaan Kegiatan K3 di Lapangan.....	176
4.7.4 Pelatihan Program K3	177
4.7.5 Perlengkapan dan Peralatan K3	178
BAB V PENUTUP.....	179
5.1 Kesimpulan.....	179
5.2 Saran.....	179
DAFTAR PUSTAKA	181

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 : Hubungan Antara Biaya dan Volume Komponen Pracetak untuk Sistem Konvensional dan Sistem Pracetak	1
Gambar 1. 2 : Peta Lokasi Proyek	4
Gambar 1. 3 : <i>Site plan</i> lokasi Proyek	5
Gambar 1. 4 : Ilustrasi Gedung Tamansari <i>Mahogany</i>	5
 Gambar 2. 1 : <i>Analitycal Hierarchy Process (AHP)</i>	16
Gambar 2. 2 : <i>Solid Slabs</i>	21
Gambar 2. 3 : Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)	24
Gambar 2. 4 : Sambungan Balok dan Pelat	32
 Gambar 3. 1 : Bagan alur (<i>flowchart</i>) metologi VE.....	46
Gambar 3. 2 : Bagan alur (<i>flowchart</i>) metologi Pelat <i>Precast</i>	48
 Gambar 4. 1 Ilustrasi Gedung Tamansari <i>Mahogany</i>	55
Gambar 4. 2 <i>Site Plan lokasi proyek</i>	55
Gambar 4. 3 Denah lokasi proyek	56
Gambar 4. 4 Grafik Pareto	59
Gambar 4. 5 Diagram Biaya Tiap-Tiap Pekerjaan.....	60
Gambar 4. 6 : Diagram besar setiap pekerjaan stuktur	61
Gambar 4. 7 : Denah perencanaan <i>half slab precast</i>	64
Gambar 4. 8 : Denah pelat tipe C	66
Gambar 4. 9 : Denah pelat tipe F	68
Gambar 4. 10 : Pelat tipe C (190 cm x 580 cm).....	72
Gambar 4. 11 : Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)	73
Gambar 4. 12 : Pengangkuran Tulangan Angkat Pelat Pracetak.	86
Gambar 4. 13 : Model 8 Titik Pengangkatan Pelat Pracetak.....	89
Gambar 4. 14 : Pelat tipe F (280 cm x 370 cm)	96
Gambar 4. 15 : Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)	97
Gambar 4. 16 : Pengangkuran Tulangan Angkat Pelat Pracetak	110
Gambar 4. 17 : 4 Titik Pengangkatan Pelat Pracetak 2 Arah	113
Gambar 4. 18 : Rekap Penulangan Pelat 2 Arah.....	118
Gambar 4. 19 : Pembagian zona kerja pelat pracetak	119

Gambar 4. 20 : Grafik penghematan biaya pekerjaan pelat lantai	155
Gambar 4. 21 : Penghematan pekerjaan bekisting	155
Gambar 4. 22 : Penghematan pekerjaan pembesian.....	156
Gambar 4. 23.....	157
Gambar 4. 24 : Site plan fabrikasi <i>half slab precast</i>	161
Gambar 4. 25 : Area penyimpanan <i>half slab precast</i>	162
Gambar 4. 26 : Jangkauan <i>Tower Crane</i>	163
Gambar 4. 27 : <i>Tower Crane</i>	164
Gambar 4. 28 : Pemasangan <i>fine angle</i> dan <i>base section</i>	164
Gambar 4. 29 : Pemasangan <i>Mast Section</i>	165
Gambar 4. 30 : Pemasangan <i>Climbing Crane</i>	165
Gambar 4. 31 : Pemasangan Kabin	166
Gambar 4. 32 : Pemasangan <i>Boom</i> dan <i>Counter Jib</i>	166
Gambar 4. 33 : Pemasangan <i>Counter Weight</i> Tahap 1	167
Gambar 4. 34 : Pemasangan <i>Counter Weight</i> Tahap 2	167
Gambar 4. 35 : Menaikkan Kabin <i>Tower Crane</i>	168
Gambar 4. 36 : Meletakkan <i>Mast Section</i> ke Ruang Kosong....	168
Gambar 4. 37 : <i>Tower Crane</i> yang Sudah Jadi	169
Gambar 4. 38 : Siklus proses <i>erection</i> elemen pracetak pada stuktur gedung tingkat tinggi.....	170
Gambar 4. 39 : Siklus <i>Horizontal</i> Pemasangan	171
Gambar 4. 40 : Zona Pekerjaan Pelat <i>Precast</i>	171
Gambar 4. 41 : Siklus Vertikal Pemasangan Pelat <i>Precast</i> (Lanti 3-25).....	172
Gambar 4. 42 : Pemasangan Sampai Lantai 25	172
Gambar 4. 43 : Papan Peringatan Penggunaan APD Pada Pintu Masuk Proyek Apartemen Tamansari <i>Mahogany</i>	175
Gambar 4. 44 : Penggunaan APD Pada Pekerja	175
Gambar 4. 45 : Komitmen mutu K3L & 5R	178
Gambar 4. 46 : <i>Safety morning</i> pada proyek Tamansari <i>Mahogany</i>	178

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel <i>Cost Model</i> Proyek	12
Tabel 2.2 Tabel <i>Breakdown Cost</i> Sumber : Dell'Isola (1974) ..	13
Tabel 2.3 Tabel Kreatif Item Pekerjaan	13
Tabel 2. 4 : Tabel Analisa Fungsi	15
Tabel 2. 5 : Tabel Bobot Penilaian Kriteria	17
Tabel 2. 6 : Tabel Bobot Penilaian Alternatif	17
Tabel 2.7 Table LLC Item Pekerjaan	18
Tabel 2. 8 Tabel Rekomendasi	19
Tabel 2.9 Langsir pelat pracetak.....	33
Tabel 2.10 Ereksi pelat pracetak.....	34
Tabel 2. 11 Pekerjaan bekisting pelat overtopping	35
Tabel 2. 12 Pekerjaan pembesian lantai <i>overtopping</i>	35
Tabel 2. 13 Pekerjaan beton lantai overtopping.....	36
Tabel 4. 1 Spesifikasi teknis pekerjaan stuktur.....	57
Tabel 4. 2 Data peralatan yang digunakan.....	58
Tabel 4. 3 Tabel hasil pengujian pareto	59
Tabel 4. 4 Hasil pareto pekerjaan stuktur	60
Tabel 4. 5 : <i>Breakdown</i> pekerjaan pelat lantai	62
Tabel 4. 6 : Tabel alternatif pekerjaan pelat lantai	63
Tabel 4. 7 : Dimensi rencana <i>half slab precast</i>	65
Tabel 4. 8 : Rekapitulasi Penulangan Pelat 1 Arah.....	84
Tabel 4. 9 : Rekap Penulangan Pelat 1 Arah	95
Tabel 4. 10 : Pembagian zona kerja pelat pracetak	120
Tabel 4. 11 : Tenaga kerja dan daya group langsir pelat pracetak	121
Tabel 4. 12 : Tenaga kerja dan daya group ereksi pelat pracetak	123
Tabel 4. 13 : Tenaga kerja dan daya group pembesian topping	125
Tabel 4. 14 : Rekapitulasi voume pembesian topping vertikal .	126
Tabel 4. 15 : Rekapitulasi voume pembesian topping vertikal .	127
Tabel 4. 16 : Tenaga kerja dan daya group cor pelat pracetak ..	129
Tabel 4. 17 : Rekapitulasi volume beton topping	130
Tabel 4. 18 : Rekapitulasi perhitungan waktu pelaksanaan	132

Tabel 4. 19 : Daftar harga tenaga kerja	133
Tabel 4. 20 : Daftar sewa peralatan tower crane.....	134
Tabel 4. 21 : Analisa pekerjaan	135
Tabel 4. 22 : Analisa biaya untuk tipe pelat 1 arah.....	138
Tabel 4. 23 : Analisa biaya untuk tipe pelat 2 arah.....	138
Tabel 4. 24 : Rincian biaya pekerjaan <i>half slab precast</i>	142
Tabel 4. 25 : Total Rincian Pekerjaan Pelat Pracetak	144
Tabel 4. 26 : Biaya desain awal beton konvensional	144
Tabel 4. 27 : Analisa Fungsi Pekerjaan Pelat	145
Tabel 4. 28 : Pembobotan Kriteria Pekerjaan Pelat	146
Tabel 4. 29 : Sintesa Pembobotan Kriteria Pekerjaan Pelat	147
Tabel 4. 30 : Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Biaya.....	148
Tabel 4. 31 : Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Berdasarkan Kriteria Biaya.....	148
Tabel 4. 32 : Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria metode pelaksanaan	149
Tabel 4. 33 : Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Berdasarkan Kriteria Metode Pelaksanaan.....	150
Tabel 4. 34 : Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Waktu Pelaksanaan	150
Tabel 4. 35 : Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Berdasarkan Kriteria Waktu Pelaksanaan	151
Tabel 4. 36 : Hasil AHP Alternatif Pekerjaan Pelat.....	152
Tabel 4. 37 :Analisa LCC (<i>Life Cycle Cost</i>) desain awal.....	153
Tabel 4. 38 : Analisa LCC (<i>Life Cycle Cost</i>) desain.....	153
Tabel 4. 39 : Rekapitulasi LCC Item Pekerjaan Pelat Lantai....	153
Tabel 4. 40 : Rekapitulasi biaya eksisting dan alternatif.....	154

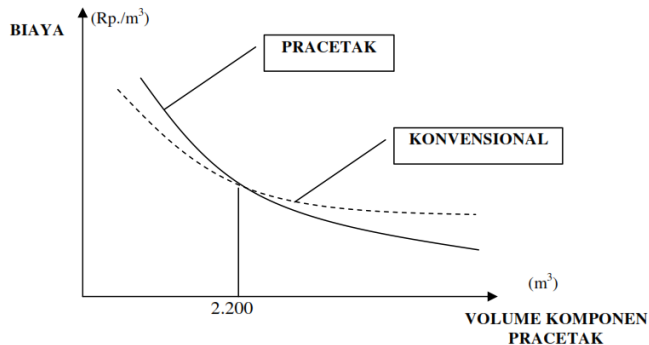
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gedung tower 1 apartemen Tamansari Mahogany merupakan bagian dari proyek pembangunan apartemen Tamansari Mahogany yang berlokasi di kota Karawang, Jawa Barat, dimana sebagai main kontraktor adalah PT. Wijaya Karya Bangunan Gedung yang merupakan anak perusahaan PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk.

Metode pelaksanaan yang dilakukan pada proyek ini menggunakan metode konvensional untuk bagian stuktur primer maupun stuktur sekunder. Dimana pada stuktur sekunder pelat lantai memiliki volume sebesar $3976,24 \text{ m}^3$ dengan volume sebesar itu memungkinkan dilakukan penghematan dengan menggunakan metode pelat precast karena minimal penggunaan volume 2200 m^3 untuk mendapatkan penghematan (Jojok Widodo, 2014).



Gambar 1. 1 : Hubungan Antara Biaya dan Volume Komponen Precetak untuk Sistem Konvensional dan Sistem Precetak

Sumber : Jojok Widodo (2014)

Metode analisa yang dipakai dalam mendapatkan penghematan adalah dengan menerapkan metode Rekayasa Nilai (Value Engineering) dalam perencanaan proyek konstruksi tersebut.

Dimana rekayasa nilai menurut Dr. Ir. S. Chandra (1986) adalah “Suatu usaha yang terorganisir untuk menganalisa suatu permasalahan yang bertujuan untuk mencapai fungsi-fungsi yang dikehendaki dengan biaya total dan hasil akhir yang optimal”.

Karena alasan inilah, dalam pengajuan tugas akhir ini penulis ingin membahas tentang rekayasa nilai yang perlu diterapkan pada proyek pembangunan gedung tower 1 apartemen Tamansari Mahogany pada lantai 3-25 karena memiliki tipe bentuk yang berulang. Tipe alternatif yang dipilih untuk dianalisis pada value engineering adalah elemen pelat yang sudah ada (konvensional) diganti dengan elemen pelat tipe *precast*. Dalam proses rekayasa nilai dilakukannya suatu penggantian item pekerjaan sehingga diperlukannya perhitungan desain baru agar mutu dan fungsi item pekerjaan tersebut tidak berubah secara fungsi. Namun hipotesa awal bahwasanya alternatif tersebut dapat menghasilkan biaya dan hasil akhir yang lebih menguntungkan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah ada penghematan biaya yang didapat pada proyek pembangunan gedung tower 1 apartemen Tamansari Mahogany setelah penerapan *value engineering* pada stuktur sekunder pelat lantai 3-25?
2. Apakah ada percepatan waktu yang didapat pada proyek pembangunan gedung tower 1 apartemen Tamansari Mahogany setelah penerapan *value engineering* pada stuktur sekunder pelat lantai 3-25?
3. Apakah ada nilai tambah pada pelaksanaan pekerjaan pelat lantai setelah diterapkannya *value engineering* pada pembangunan gedung tower 1 apartemen Tamansari Mahogany?

1.3 Batasan Masalah

1. Penerapan *value engineering* dilakukan pada pekerjaan stuktur sekunder pelat lantai mulai lantai 3 sampai dengan lantai 25 proyek gedung tower 1 apartemen Tamansari Mahogany.
2. Analisa stuktur yang ditinjau hanya elemen stuktur sekunder pelat lantai (lantai 3 – lantai 25) tidak keseluruhan stuktur bangunan.
3. Perhitungan desain *half slab precast* menggunakan pedoman SK SNI 2847-2013 dan *PCI Desain Handbook*.
4. Perhitungan rencana analisa biaya berdasar pada AHSP kota Bandung dan Permen PU No. 11/PRT/M/2013
5. Perhitungan harga satuan pekerjaan *half slab precast* menggunakan SNI 7832:2012 tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton pracetak untuk kontruksi bangunan gedung.
6. K3 Pelaksanaan hanya membahas tentang pelaksanaan pelat pracetak tanpa menghitung biaya K3.

1.4 Maksud

Maksud dari tugas akhir ini adalah merekayasa nilai dari stuktur pelat lantai 3-25 pada proyek gedung tower 1 apartemen Tamansari Mahogany.

1.5 Tujuan

1. Menentukan / mendapatkan alternatif cara yang lebih efisien dan efektif dengan penerapan *value engineering* pada pekerjaan stuktur sekunder pelat lantai 3-25 pada pembangunan proyek gedung tower 1 apartemen Tamansari Mahogany.
2. Memperoleh besar penghematan biaya yang dapat dilakukan pada pembangunan proyek gedung tower 1 apartemen Tamansari Mahogany.

1.6 Manfaat

Karena proses pembangunan proyek gedung tower 1 apartemen Tamansari Mahogany sudah berjalan, maka *owner* tidak bisa melakukan penghematan dan penerapan hasil VE tapi manfaat lain adalah membuktikan konsep *value engineering* dapat dilakukan pada proyek tersebut dan proyek yang memiliki tipikal sama berpotensi untuk dilakukannya penghematan dengan metode *Value Engineerin*.

1.7 Peta Lokasi

Lokasi proyek terletak di area Kota Karawang yang lebih tepatnya berada di Jl. Arteri Karawang Barat, Dusun Badami, No. 8 RT. 04 RW. 02, Kel. Marga Kaya, Kec. Telukjambe Barat, Karawang.



Gambar 1. 2 : Peta Lokasi Proyek



Gambar 1. 3 : *Site plan* lokasi Proyek



Gambar 1. 4 : Ilustrasi Gedung Tamansari *Mahogany*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Value Engineering (VE)

2.1.1 Sejarah

Value Engineering pada awalnya berkembang pada era perang dunia II, tepatnya konsep *Value Engineering* ini dikenalkan oleh sebuah perusahaan asal Amerika Serikat (USA) yakni perusahaan *General Electric Company*. Lawrence D. Miles adalah seorang staf teknik dari *General Electric Company* pada tahun 1947 melakukan pengembangan teknik analisa nilai (*Value Analysis Technique*) dan menjadi metode standar dari *General Electric Company* bagi studi peningkatan nilai (Marzuki, 2006).

Kunci dari *Value Engineering* adalah fungsi dimana pada mulanya fungsi ini mengkaji setiap komponen bagian dari perubahan/bagian dari produk eksisting. Pada perkembangannya, metode analisis ini mengalami perubahan konteks yaitu dari pengkajian terhadap bagian produk eksisting kepeningkatan rancangan konsep, oleh karena itu nama *Value Engineering (VE)*, muncul sebagai bentuk penyesuaian terhadap konteks tersebut (Priyanto, 2010).

Pada masa perkembangan *Value Engineering* banyak pengetahuan dan inovasi yang dihasilkan oleh para praktisi VE berikut sebagai perkembangan *Value Engineering* :

- a) Tahun 1954 digunakan di bidang pengadaan oleh angkatan laut Amerika Serikat.
- b) Tahun 1956 digunakan oleh angkatan darat AS.
- c) Tahun 1961 digunakan oleh angkatan udara AS.
- d) Tahun 1964 digunakan pemerintah AS untuk meningkatkan mutu manajemen.

- e) Tahun 1967 digunakan Biro Riset dan Rekayasa Departmen Kantor Pos AS.
- f) Tahun 1969 digunakan NASA.
- g) Tahun 1969 digunakan Public Building Service (PBS)/General Service Administration (GSA).
- h) Tahun 1970 diperkenalkan di Jepang oleh Institute of Business and Management of Tokyo.
- i) Tahun 1972 diwajibkan dipakai oleh Construction Management Services.
- j) Tahun 1975 digunakan oleh Enviromental Protection Agency (EPA).
- k) Tahun 1976 digunakan oleh Departmen Transportasi AS.
- l) Tahun 1978 digunakan oleh perusahaan Chemin of Milan di Italia.
- m) Tahun 1978 digunakan oleh Departmen Of Public Work Of Canada melalui British Columbia Building Corporation.
- n) Tahun 1979 digunakan oleh perusahaan Brian Farmer Of Woolworth Inc. Dan Mc. Lachan Group of Sydney untuk Australian Mutual Provident (AMP).
- o) Tahun 1986 mulai diperkenalkna di Indonesia oleh Dr Ir. Suriana Chandra melalui seminar-seminar yang diadakan diberbagai kota.
- p) Tahun 1986 digunakan di Indonesia pada Proyek Pembangunan Jalan Layang Cawang.
- q) Tahun 1987 dianjurkan pemakaiannya di Indonesia oleh Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas), Departmen Keuangan, dan Direktorat

Jendral Cipta Karya untuk seluruh pembangunan rumah dinas dan gedung negara di atas 1 milyar rupiah.

- r) Tahun 1990-an sampai 2007 tidak diketahui perkembangannya.
- s) Bulan mei tahun 2007 Departmen Pekerjaan Umum mengeluarkan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) bagi tenaga ahli *Value Engineering*. Hal ini mengisyaratkan peluang perkembangan kembali VE di Indonesia.

2.1.2 Arti *Value* (Nilai)

Tujuan penerapan VE adalah untuk meningkatkan *value*. SAVE International mendefinisikan *value* sebagai, biaya terendah yang dapat memenuhi pencapaian fungsi, kualitas dan performansi lainnya yang sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan *owner/user*. Dalam *Value Engineering* dikenal sedikitnya 4 macam *value* (Zimmerman & Hart, 1982), yaitu:

1. Nilai guna (*use value*), adalah nilai yang menunjukkan seberapa besar kegunaan suatu produk/proyek akibat sudah terpenuhinya suatu fungsi, yang umumnya dipengaruhi oleh kualitas dan sifat produk/proyek tersebut.
2. Nilai Biaya (*cost value*), adalah nilai yang menunjukkan seberapa besar biaya total yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk dan memenuhi semua fungsi yang diinginkan
3. Nilai tukar (*exchange value*), adalah nilai yang menunjukkan seberapa besar keinginan konsumen menukarkan sejumlah uang untuk mendapatkan produk tertentu.
4. Nilai kebanggaan/prestise (*esteem value*), adalah nilai yang menunjukkan seberapa besar kemampuan produk/proyek tersebut membangkitkan minat

konsumen untuk memilikinya, atau dengan kata lain rasa kebanggaan memiliki produk tersebut. Kemampuan ini ditentukan oleh sifat khusus dari produk seperti daya tarik, keindahan, ataupun gengsi yang ditimbulkan setelah memilikinya.

Dell 'isola seperti dikutip oleh Clark. JA, (1999) menggambarkan *value* dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Value} = \frac{\text{Fungsi sesuai Quality (Performansi)}}{\text{Life Cycle Cost}}$$

Dimana

Fungsi : Kegunaan yang spesifik yang harus dihasilkan oleh desain/elemen

Quality : Harapan, keinginan, kebutuhan *owner* atau pengguna (*quality, safety, reliability, time, maintainable, cost, dll*)

LCC : Keseluruhan daur hidup biaya (life cycle cost) pada proyek tersebut tapi tidak membahas tentang *bidding, maintainance* dan tahap *disposal*.

Ada beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan *value*, yaitu:

- a) Menurunkan performansi dan biaya, dimana penurunan performansi harus lebih kecil dibandingkan penurunan biaya.
- b) Performansi tetap, biaya turun.
- c) Performansi dinaikkan, biaya diturunkan.
- d) Performansi dinaikkan, biaya tetap.
- e) Performansi dan biaya dinaikkan, namun kenaikan performansi lebih besar dibandingkan kenaikan biaya.

2.1.3 Faktor-Faktor Penggunaan *Value Engineering*

1. Tersedianya data-data perencanaan
Data-data perencanaan disini adalah data-data yang berhubungan langsung dengan proses perencanaan desain pelat precast.
2. Biaya awal
Biaya awal disini adalah biaya yang dikeluarkan mulai awal pembangunan sampai pembangunan selesai.
3. Ketersediaan Material
Ketersediaan material adalah material yang digunakan sebagai alternatif-alternatif dalam analisis value engineering suatu pembangunan setiap item pekerjaan harus mempunyai kemudahan dalam mencarinya dan tersedia dalam jumlah yang cukup di daerah proyek.
4. Penyesuaian terhadap standar
Penyesuaian yang dimaksud adalah alternatif yang digunakan harus mempunyai standar dalam pembangunan baik akurasi dimensi, persisinya, maupun kualitasnya.
5. Dampak terhadap pengguna
Dampak terhadap pengguna suatu bangunan harus mempunyai dampak positif kepada pengguna dari segi keamanan maupun kenyamanan (Tugiono, 2004).

2.1.4 Tahapan Studi *Value Engineering*

Tahap Pengerjaan VE dibagi menjadi lima tahapan yang harus dilalui yang terdiri dari tahapan informasi, tahapan analisa, tahapan kreatif, tahapan pengembangan, tahapan rekomendasi atau penyajian.

2.1.4.1 Tahap informasi

Tahap informasi merupakan tahap awal suatu proses studi value engineering, dengan tujuan untuk mengumpulkan segala data-data proyek yang akan digunakan pada tahapan selanjutnya. Pada tahapan ini juga dilakukan pendekatan value engineering dalam

segi biaya, dengan mengidentifikasi elemen dari suatu bangunan yang berpotensi untuk menimbulkan biaya tinggi dan memiliki fungsi yang rendah. Untuk mengetahui identifikasi biaya tinggi pada suatu pekerjaan konstruksi kegiatan pertama kali yang dilakukan adalah dengan membuat *cost model*.

Tabel 2.1 Tabel *Cost Model* Proyek

No	Item Pekerjaan	Harga (Rp)
1		
2		
3		
4		
Total (Rp)		

Setelah diperoleh anggaran *cost model* suatu proyek yang hendak ditinjau maka langkah selanjutnya yaitu membuat *breakdown cost* dari *cost modal* tersebut.

Pada tabel *Breakdown Cost* yang telah dibuat dapat dilihat nilai item pekerjaan dengan bobot biaya yang besar mulai dari item pekerjaan A sampai F, selanjutnya dilakukan analisa fungsi yang berguna untuk mengklasifikasikan fungsi utama dan sekunder yang akan digunakan untuk mendapatkan nilai perbandingan antara *cost* dan *worth* dari suatu item pekerjaan tertinggi, berikut merupakan tabel analisa fungsi.

Tabel 2.2 Tabel *Breakdown Cost*
Sumber : Dell'Isola (1974)

Item	Pekerjaan	Biaya
1	Pekerjaan A	Rp.....
2	Pekerjaan B	Rp.....
3	Pekerjaan C	Rp.....
4	Pekerjaan D	Rp.....
5	Pekerjaan E	Rp.....
6	Pekerjaan F	Rp.....
	Total	Rp....M
	Biaya Proyek Keseluruhan	Rp....N
		Rp.....M/N
	Presentase	%

2.1.4.2 Tahap kreatif

Setelah mengumpulkan informasi yang dibutuhkan untuk melakukan studi *value engineering* maka kemudian dilakukan tahap kreatif, dimana pada tahapan ini merupakan pengembangan ide alternatif yang kreatif untuk memenuhi fungsi primer atau pokoknya, alternatif tersebut dapat dikaji dari segi desain, bahan, waktu pelaksanaa, metode pelaksanaan.

Tabel 2.3 Tabel Kreatif Item Pekerjaan

Tahap Kreatif	
Proyek	:
Lokasi	:
Item Pekerjaan	:
Fungsi	:
Desain Awal	
-	
Desain Alternatif	
-	

2.1.4.3 Tahap analisis Fungsi

Setelah mengumpulkan ide dan didapatkan beberapa alternatif yang ada maka tahap selanjutnya adalah tahap analisis fungsi, dimana analisis fungsi ini yang membedakan VE dengan teknik penghematan biaya lainnya. Pada tahap ini dilakukan pemilahan alternatif yang telah didapatkan pada tahapan sebelumnya. Dalam penentuan alternatif-alternatif yang diusulkan pada tahap ini diformulasikan dan dipertimbangkan dari berbagai sudut tentang untung dan rugi dan kemudian dibuatkan suatu ranking dari hasil penilaian.

Fungsi suatu barang atau jasa merupakan jawaban atas “dapat melakukan apa benda, barang, jasa tersebut”. Dimana fungsi dalam VE ada dua yaitu (Dell’Isola, 1974) :

1. Fungsi Primer : Fungsi dimana mendasar diadakannya barang atau jasa tersebut, fungsi ini untuk menjawab pertanyaan “*apa yang harus dilakukan*” oleh barang atau jasa tersebut.
2. Fungsi Sekunder : Fungsi yang sangat situasional serta kondisional dan bergantung pada pembeli dan pemanfaatannya. Sehingga bisa berbagai macamnya.

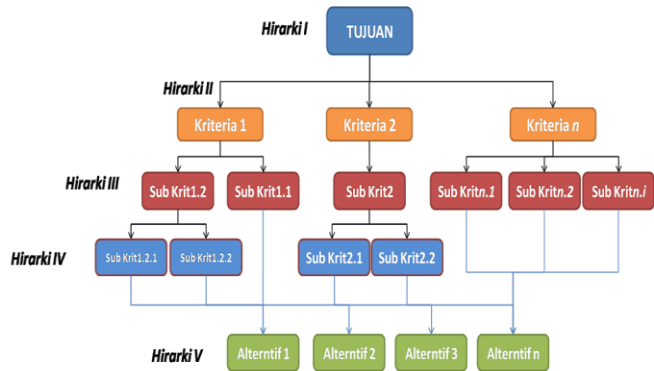
Sebagai bagian dari analisa fungsi, tim VE membandingkan rasio *cost-to-wort* berbagai alternatif untuk keseluruhan fasilitas dan subsistemnya. Rasio *cost-to-wort* yang lebih besar dari pada 1 biasanya mengindikasikan wilayah dimana terdapat potensi penghematan biaya dan perbaikan nilai (*value*) (Afandi 2010).

Tabel 2. 4 : Tabel Analisa Fungsi
Sumber : Donomartono (1999)

No	Item	Fungsi			Worth	Cost
		VERB	NOUN	KIND	(Rp)	(Rp)
1	A	Menahan	Beban	P	Rp.....	Rp.....
2	B	Meneruskan	Beban	S	RP.....	RP.....
					ΣRp. W	ΣRp. C

- A, B merupakan komponen-komponen dari item pekerjaan yang akan dianalisis fungsinya.
- Pada kolom fungsi yang terdapat kolom *verb*, *noun* dan *kind* merupakan identifikasi fungsi dari pada komponen. Untuk *verb* merupakan identifikasi fungsi kata kerja pada komponen. Untuk *noun* merupakan identifikasi fungsi kata benda dari pada komponen. Untuk *kind* merupakan identifikasi fungsi jenis dari pada komponen. P merupakan fungsi primer/pokok, sedangkan S merupakan fungsi sekunder.
- Pada kolom *cost* diisi biaya dari komponen pekerjaan *existing*. Pada *worth* diisi biaya untuk komponen pekerjaan alternatif setelah dilakukan perhitungan anggaran biayanya.
- Nilai *cost/worth* hanya menunjukkan besarnya efisiensi penghematan item pekerjaan tersebut. Bila nilai *cost/worth* kurang dari 1, maka tidak ada penghematan, sedangkan lebih dari 1 terjadi penghematan. Apabila semakin besar nilainya lebih dari 1, maka semakin besar pula penghematan yang terjadi.

Ada beberapa metode yang digunakan dalam tahap analisis ini diantaranya lainnya adalah *Random Functions Identification*, *FAST*, *Cost to Function Analysis*, dan *Analitycal Hierarchy Process (AHP)*. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah *Analitycal Hierarchy Process (AHP)*.



Gambar 2. 1 : *Analitycal Hierarchy Process (AHP)*

Didalam *Analitycal Hierarchy Process (AHP)*, hasilnya digunakan untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang bertujuan untuk mendukung pilihan yang terbaik dari beberapa alternatif yang diperoleh. Berikut ini adalah tahapan dari *Analitycal Hierarchy Process (AHP)* :

1. Menentukan Pohon Kriteria

Untuk menentukan pemilihan alternatif dibentuk hierarki keputusan yang terdiri dari 3 level. Level 1 adalah tujuan, level 2 adalah kriteria, dan level 3 alternatif.

2. Menentukan Bobot Kriteria

Menentukan bobot kriteria dilakukan dengan menggunakan matrik perbandingan antar kriteria, dengan menggunakan skala perbandingan 1-9 untuk

membandingkan antar kriteria. Berikut adalah skala penilaian pembandingan beserta keterangannya.

Tabel 2. 5 : Tabel Bobot Penilaian Kriteria

Bobot (A dan B)	Keterangan
1	Antara A dan B sama pentingnya
3	A sedikit lebih penting dibanding B
5	A lebih penting dibanding B
7	A jauh lebih penting dibanding B
9	A sangat lebih penting dibanding B
2,4,6,8	Nilai antara dua perimbangan yang berdekatan

3. Menentukan Bobot Alternatif Berdasarkan Kriteria

Menentukan bobot alternatif dilakukan dengan menggunakan matrik perbandingan antar kriteria dengan alternatif, dengan menggunakan skala perbandingan 1-9 untuk membandingkan antar alternatif. Berikut adalah skala penilaian pembandingan beserta keterangannya.

Tabel 2. 6 : Tabel Bobot Penilaian Alternatif

Bobot (A dan B)	Keterangan
1	Antara A dan B sama pentingnya
3	A sedikit lebih penting dibanding B
5	A lebih penting dibanding B
7	A jauh lebih penting dibanding B
9	A sangat lebih penting dibanding B
2,4,6,8	Nilai antara dua perimbangan yang berdekatan

2.1.4.4 Tahap pengembangan

Pada tahap ini yang dilakukan adalah mengembangkan ide yang telah terpilih kemudian dikembangkan dengan menggunakan dengan biaya siklus hidupnya (*Life Cycle Cost*). Analisa (*Life Cycle Cost*) ini bertujuan untuk menganalisa pekerjaan alternatif berdasarkan biaya yang terjadi selama umur bangunan.

Dalam analisa ini karena yang dialternatifkan adalah item pekerjaan pelat lantai, maka pada analisa ini tidak diperlukan biaya operasional, penggantian, nilai sisa, serta biaya *maintenance* atau perawatan selama umur bangunan. Pada tahap pengembangan ini melalui analisa (*Life Cycle Cost*) menampilkan besar biaya yang dikeluarkan alternatif desain, mulai dari biaya *redesign*, biaya pemesanan sampai dengan biaya pelaksanaan.

a. Analisa *Life Cycle Cost*

Biaya Siklus Hidup atau disebut dengan *Life Cycle Cost* merupakan teknik analisa dengan mengevaluasi dari segi ekonomi dengan cara menghitung biaya biaya selama jangka waktu investasi melalui penyesuaian terhadap nilai waktu dari uang (*Time Value Of Money*). Berikut merupakan biaya yang diitung dalam analisa *Life Cycle Cost*.

Tabel 2.7 Table LLC Item Pekerjaan

Pekerjaan	:	
Jenis Biaya	Desain awal	Alternatif desain
Initial Cost		
Oprational Cost		
Maintenance Cost		
Replacement Cost		

2.1.4.5 Tahap rekomendasi

Pada tahapan ini adalah tahap dimana penyampaian rekomendasi dari apa yang telah dilakukan pada tahap-tahap sebelumnya.

Tabel 2. 8 Tabel Rekomendasi

Tahap Rekomendasi	
Proyek	
Lokasi	
Item Pekerjaan	
Desain Awal	
Desain Usulan	
Pengehematan	
Dasar Pertimbangan	

2.2 Beton Pracetak

2.2.1 Pengertian Beton Pracetak

Definisi beton pracetak menurut SNI-2847-2013 pasal 2.2 adalah elemen stuktur yang dicetak ditempat lain dari posisi akhirnya dalam stuktur. Pada dasarnya beton pracetak tidaklah berbeda dengan beton biasa. Yang membedakannya hanyalah pada metode fabrikasinya.

2.2.2 Pelat Lantai

Pelat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Pelat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan. Dalam *PCI Design Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete*, desain precast yang dipakai untuk tugas akhir ini adalah pelat pracetak tanpa berlubang (*Solid Slab*).

1. Pelat Pracetak Tanpa Berlubang (*Solid Slab*)

Pelat pracetak ini tebal pelatnya lebih tipis dibandingkan dengan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungan dari penggunaan pelat ini adalah mudah dalam penumpukan karena tidak memakan banyak tempat. Pelat ini bisa berupa pelat pratekan atau beton bertulang biasa dengan lebar rata-rata 4 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inchi hingga 8 inchi. Umumnya bentang dari pelat ini antara 10 hingga 35 feet. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah pelat tanpa lubang.



Gambar 2. 2 : *Solid Slabs*
(Sumber : *PCI Design Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete*)

2.2.3 Fase Penanganan Produk Pracetak

Sebelum digunakan produk dari pracetak mengalami fase-fase perlakuan yang meliputi :

1. Pengangkatan dari Bekisting Modul (*Stripping*)

Orientasi produk apakah horisontal, vertikal, atau membentuk sudut lekatan permukaan beton dengan bekisting dan kejut, lihat tabel jumlah dan lokasi peralatan angkat berat produk pracetak dan beban-beban tambahan, seperti bekisting yang terbawa saat produk diangkat. Penempatan ke lokasi penyimpanan (*yard handling and storage*). Berikut beberapa yang harus diperhatikan :

- a. Orientasi produk apakah horisontal, vertikal, atau membentuk sudut
- b. Lokasi titik-titik angkat sementara
- c. Lokasi penumpukan sehubungan dengan produk-produk lain yang juga disimpan
- d. Perlindungan dari sinar matahari langsung/*curing*

2. Pemasangan (*Erection*)

Proses pemasangan beton pracetak ayng telah diproduksi dan layak untuk disatukan menjadi bagian bangunan disebut dengan *erection* (Wulfram I.

Ervianto, 2006). Peralatan yang dibutuhkan pada tahap *erection* adalah tower crane atau mobile crane. Faktor yang mempengaruhi metode *erection* adalah sistem struktur bangunan, jenis alat sambung yang akan digunakan, kapasitas alat berat (*crane*) yang tersedia, dan kondisi lapangan. Metode yang digunakan dibedakan menjadi 2 yaitu metode vertikal dan metode horizontal.

Peralatan yang dibutuhkan untuk mengangkat elemen pracetak dibedakan berdasarkan tinggi bangunan yang akan dilaksanakan (Wulfram I. Erviyanto, 2006). Secara umum dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu :

- a. Bangunan tinggi dengan jumlah tingkat lebih dari 16 lantai peralatan yang dapat digunakan adalah *fixed tower crane*, *monorail system with chicago boom*, dan *guy-derrick*.
- b. Bangunan menengah dengan jumlah tingkat 5-15 lantai peralatan yang dapat digunakan adalah *portable tower crane* atau *fixed tower crane*, *crawler crane*, dan *rubber-tired truck crane*.
- c. Bangunan rendah dengan jumlah tingkat paling banyak 4 lantai peralatan yang dapat digunakan adalah *rubber-tired*, *truck crane* dan *hydro*.

2.3 Analisa Struktur Pelat beton Pracetak (*Half Slab Precast*)

Desain pelat *precast* yang digunakan dalam alternatif ini adalah *half slab precast*, dimana alternatif ini diharapkan mendapatkan keuntungan dari segi biaya dan waktu pengerjaan dengan kualitas yang sama dari desain sebelumnya.

Desain *half slab precast* dianalisis dalam kondisi pelaksanaan dan kondisi beban layan. Dalam analisis kondisi pelaksanaan dilakukan pada saat pengangkatan lalu dipasang

dimasing-masing tumpuan, dan pada saat sudah komposit dan menerima beban layan pada bangunan tersebut.

2.3.1 Perencanaan Tebal *Half Slab Precast*

Tebal half slab precast ditentukan dari tabel minimum pelat dalam kondisi utuh. Tebal pelat minimal dalam kondisi utuh diperoleh dengan rumus :

$$h_{\min} = \frac{\ell}{20}$$

untuk tegangan leleh rencana f_y 400 Mpa dengan kondisi rencana pelat satu arah tertumpu sederhana. (tabel 9.5b SNI 2847:2013).

2.3.2 Analisa Pembebanan

Analisa pembebanan pada pelat lantai precast

a. Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 3.1.2 dalam menentukan berat bahan suatu konstruksi untuk menentukan berat mati gedung diperoleh dari keadaan yang sebenarnya, berikut ini adalah beban mati pelat lantai :

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m³
- Keramik : 20,5 kg/m³
- Spesi : 5 kg/m²
- Plafon + penggantung : 6,5 kg/m²
- Mekanikal + ducting : 19 kg/m²

b. Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727:2013 tabel 4-1, beban hidup yang direncanakan untuk bangunan apartemen adalah sebagai berikut :

- Ruang kamar : 192 kg/m²
- Koridor : 479 kg/m²

Reduksi untuk setiap lantainya disyaratkan apabila $K_{LLAT} \geq 37,16 \text{ m}^2$ (SNI 1772:2013 Pasal 4.7.2).

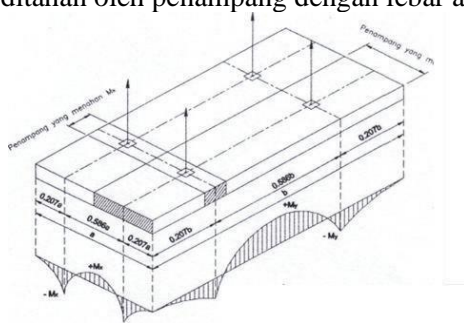
2.3.3 Analisa Gaya Dalam dan Perhitungan Stuktur

Analisa permodelan stuktur diperoleh analisa gaya dalam meliputi gaya geser (D), momen lentur (M). Dan selanjutnya dilakukan perhitungan stuktur beserta gaya-gaya dalam yang diperoleh dari hasil analisa stuktur. Perencanaan stuktur ini meliputi perencanaan penulangan lentur dan perencanaan penulangan geser.

2.3.3.1 Perencanaan *Half Slab Precast* Saat Pengangkatan dan Penumpukan

Pengangkatan direncanakan dengan 4 titik berdasarkan *chapter 8 PCI 7th Editon*.

- Momen maksimum (pendekatan) :
 $+M_x = -M_y = 0,0107 w a^2 b$
 $+M_x = -M_y = 0,0107 w a b^2$
- M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dari $15t$ atau $b/2$
- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 2. 3 : Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)

(Sumber : *PCI Design Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete*)

Dalam kondisi pengangkatan perlu dikontrol beberapa faktor yang terjadi :

1) Kebutuhan Tulangan Angkat

Untuk luas tulangan perlu :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

Kontrol SNI 2847:2013 pasal 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari :

$$A_{vmin} = \frac{0,25 \sqrt{F_c'}}{Fy} bw \times dx$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times bw \times dx}{Fy}$$

Untuk luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari dibawah ini :

$$\rho b = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{fy} \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

Dengan perlu dikontrol $= A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$

Perhitungan jarak tulangan :

$$S_{perlu} = \frac{0,25 \times \lambda \times \phi^2 \times b}{As \text{ perlu}}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$S_{max} \leq 3h$ atau 450 mm (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.5.4)

Dengan perlu dikontrol : $As \text{ pasang} > As \text{ perlu}$

2) Kontrol Reduksi

Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen :

$$a = \frac{As \text{ pasang} \times fy}{0,85 \times f_c' \times b}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

$$\beta = 0,85, c = \frac{a}{\beta}$$

Regangan tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \times \frac{dx}{c} - 1$$

Sehingga

$$\phi Mn = \phi \times As \text{ pasang} \times fy \times (dx - 0,5a)$$

Dengan kontrol : $\phi Mn > Mu$

3) Kontrol Terhadap Geser

$$\begin{aligned} Vu &= qu \frac{sn}{2} \times dx > 0,5 \times \phi Vc \\ &= 0,5 \times (\phi \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{fc} \times b \times dx) \end{aligned}$$

4) Kontrol Retak

$$Mcr = \frac{fr \times ig}{yt}$$

Perlu dikontrol : $Mcr > Mu$

5) Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

$$\sigma \max = \frac{Mu \times c}{I} \times \frac{P}{b \times t} < fr = 0,52 \times \lambda \times \sqrt{fc}$$

6) Dimensi Angkur

$$d = \sqrt{\frac{4p}{\pi \times fy}}$$

7) Kontrol Lendutan

Berdasarkan SNI 2847:2013 batasan untuk lendutan adalah $l/240$ sehingga :

$$\Delta t = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times Ec \times Ie} < \frac{l}{240}$$

8) Kontrol Penumpukan

Penumpukan direncanakan dengan 2 tumpuan sehingga kontrol tegangan yang terjadi :

$$\sigma x = \frac{Mx}{My} < fr \quad , \quad \sigma y = \frac{My}{My} < fr$$

2.3.3.2 Perencanaan Half Slab Precast Sebelum Komposit

Beban yang terjadi ketika sebelum komposit adalah beban sendiri pelat dan beban pekerja, sehingga momen ultimate yang terjadi adalah :

$$Mu = \frac{1}{8} \times qu \times l^2$$

1) Kebutuhan Tulangan Sebelum Komposit

Untuk luas tulangan perlu :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{F_y}} \right)$$

Kontrol SNI 2847:2013 pasal 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari :

$$A_{vmin} = \frac{0,25 \sqrt{F_c}}{F_y} b w \times d x$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times b w \times d x}{F_y}$$

Untuk luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Dengan perlu dikontrol = $A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$

Perhitungan jarak tulangan :

$$S_{perlu} = \frac{0,25 \times \lambda \times \phi^2 \times b}{A_s \text{ perlu}}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$S_{max} \leq 3h$ atau 450 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.5.4)

Dengan perlu dikontrol : $A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

2) Tulangan Susut

Perencanaan tulangan susut dan suhu mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 7.12 yaitu :

$F_y = 400$ Mpa maka raiso yang digunakan adalah 0,0018

$A_{perlu} = 0,0018 \times b w \times h$

Dengan perhitungan jarak tulangan

$$S_{perlu} = \frac{0,25 \times \lambda \times \phi^2 \times b}{A_s \text{ perlu}}$$

Syarat spasi antar tulangan :
 $S_{max} \leq 5h$ atau 450 mm
 (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.2)

- 3) Momen Tumpuan Saat Diatas Perancah
 Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen :

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

$$\beta = 0,85, c = \frac{a}{\beta}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \times \frac{dx}{c} - 1$$

Sehingga

$$\phi M_n = \phi \times A_s \text{ pasang} \times f_y \times (dx - 0,5a)$$

Dengan kontrol : $\phi M_n > M_u$

- 4) Kontrol Terhadap Geser

$$V_u = q_u \frac{sn}{2} \times dx > 0,5 \times \phi V_c$$

$$= 0,5 \times (\phi \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b \times dx)$$

- 5) Kontrol Retak

$$M_{cr} = \frac{F_r \times I_g}{y_t}$$

Dengan perlu dikontrol : $M_{cr} > M_u$

- 6) Kontrol Lendutan

Berdasarkan SNI 2847:2013 batasan untuk lendutan adalah $l/240$ sehingga :

$$\Delta t = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times E_c \times I_e} < \frac{l}{240}$$

2.3.3.3 Perencanaan *Half Slab Precast Setelah Komposit*

Beban yang terjadi ketika setelah komposit adalah beban sendiri pelat, berat beton overtopping dan beban hidup lantai, sehingga momen ultimate yang terjadi :

$$Mu = \frac{1}{8} \times qu \times l^2$$

- 1) Kebutuhan Tulangan Sebelum Komposit

Untuk luas tulangan perlu :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

Kontrol SNI 2847:2013 pasal 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari :

$$A_{vmin} = \frac{0,25 \sqrt{F_c'}}{F_y} b_w \times d_x$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 \times b_w \times d_x}{F_y}$$

Untuk luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari dibawah ini :

$$\rho b = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Dengan perlu dikontrol $= A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$

Perhitungan jarak tulangan :

$$S_{perlu} = \frac{0,25 \times \lambda \times \phi^2 \times b}{A_s \text{ perlu}}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$S_{max} \leq 3h$ atau 450 mm

(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.5.4)

Dengan perlu dikontrol : $A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

- 2) Tulangan Susut

Perencanaan tulangan susut dan suhu mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 7.12 yaitu :

$F_y = 400$ Mpa maka raiso yang digunakan adalah 0,0018

$A_{perlu} = 0,0018 \times b_w \times h$

Dengan perhitungan jarak tulangan

$$S_{\text{perlu}} = \frac{0,25 \times \lambda \times \emptyset^2 \times b}{As \text{ perlu}}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{max}} \leq 5h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.2)

3) Kontrol Kapasitas Penampang

Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen :

$$a = \frac{As \text{ pasang} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

Jarak dari serat tekan ke sumbu netral

$$\beta = 0,85, c = \frac{a}{\beta}$$

Regangan tarik

$$\varepsilon_t = 0,003 \times \frac{dx}{c} - 1$$

Sehingga

$$\phi Mn = \phi \times As \text{ pasang} \times f_y \times (dx - 0,5a)$$

Dengan kontrol : $\phi Mn > Mu$

4) Kontrol Terhadap Geser

$$Vu = qu \times \frac{sn}{2} \times dx > 0,5 \times \phi Vc$$

$$= 0,5 \times (\phi \times 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} \times b \times dx)$$

5) Kontrol Retak

$$Mcr = \frac{Fr \times ig}{yt}$$

Dengan perlu dikontrol : $Mcr > Mu$

6) Kontrol Lendutan

Berdasarkan SNI 2847:2013 batasan untuk lendutan adalah $l/240$ sehingga :

$$\Delta t = \frac{5 \times q \times l^4}{384 \times Ec \times le} < \frac{l}{240}$$

2.3.3.4 Perencanaan Tulangan Geser Diafragma *Half Slab Precast*

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.11.6, slab beton dan slab dengan lapisan atas komposit yang bekerja sebagai diafragma maka stuktur yang digunakan untuk menyalurkan gaya-gaya gempa tidak boleh kurang dari 50 mm, maka direncanakan lebar diafragma.

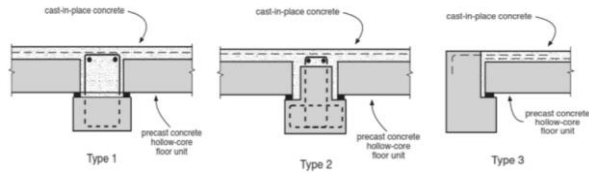
Perencanaan geser diafragma ini mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.11.9, dimana untuk kuat geser nominal V_n , stuktural tidak boleh melebihi :

$$V_n = A_{cv} \times (0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c} + \rho_t \times f_y)$$

2.3.3.5 Perencanaan Sambungan *Half Slab Precast*

Untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit dan terintegrasi pada elemen-elemen pelat, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada pelat pracetak tersalurkan pada elemen balok. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara berikut :

- 1) Sambungan balok induk pracetak dengan pelat pracetak menggunakan sambungan basah yang diberi overtopping yang umumnya digunakan 50 mm – 100 mm.
- 2) Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan dalam SNI 03-2847-2013 pasal 7.13.
- 3) Grouting pada tumpuan atau bidang kontak antara pelat pracetak dengan balok pracetak.



Gambar 2. 4 : Sambungan Balok dan Pelat
(Sumber : *Precast Concrete Building Desain Guide Handbook*)

2.4 Perhitungan Volume Pekerjaan

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan volume pekerjaan setelah dilakukan analasi perhitungan desain alternatif yang akan digunakan. Proses perhitungan ini yang nantinya akan digunakan untuk menghitung durasi dan biaya yang dikerluarkan. Berikut adalah perhitungan volume pekerjaan setelah desain lama digantikan dengan half slab precast :

2.4.1 Perhitungan Volume *Hafl Slab Precast*

Perhitungan volume half slab precast dilakukan dengan merekap data perencanaan yang sudah dilakukan sebelumnya dan menghitung jumlah elemen half slab precast total yang dibutuhkan mulai dari lantai 4 s/d 10. Proses ini dilakukan dengan tujuan sebagai data yang nantinya akan digunakan untuk proses pemesanan pada instansi terkait yang memproduksi half slab precast.

2.4.2 Perhitungan Volume Pembesian (*Topping*)

Volume pembesian topping cor dihitung dengan cara menghitung kebutuhan tulangan pada struktur topping dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Volume besi} = \frac{\text{panjang besi tumpuan} \times \text{luas} \times \text{jumlah} \times \text{bj tulangan besi}}{1000}$$

2.4.3 Perhitungan Volume Beton (*Topping*)

Perhitungan volume beton topping cor yang berada diatas half slab nantinya dengan mengalikan antara panjang (p), lebar (l) dan tebal topping (t) dalam satuan m³.

$$\text{Volume beton} = p \times l \times t$$

2.5 Perhitungan Waktu Pelaksanaan

Perhitungan waktu pelaksanaan pekerjaan dihitung dengan berdasarkan HSPK 2017 Provinsi Jawa Barat dan Referensi dari kontraktor. Proses ini dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Waktu} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Kapasitas Produksi} \times \text{Jumlah Tenaga Kerja}}$$

2.6 Perhitungan Rencana Biaya Pekerjaan

Perhitungan rencana biaya mengacu pada HSPK 2017 Provinsi Jawa Barat dan SNI 7823-2012 tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton pracetak untuk konstruksi bangunan gedung, berikut merupakan anggaran biaya yang diperlukan :

1. Biaya Pemesanan *slab precast*

Dikarena lokasi proyek yang tidak cukup lahan untuk memproduksi pelat pracetak maka dilakukan pemesanan item ke *supplier* penyedia, dengan biaya yang dikeluarkan per m² namun harga tersebut tidak termasuk biaya penurunan ke lokasi proyek.

2. Biaya penurunan *slab precast* ke lokasi proyek

Biaya penurunan *slab precast* adalah jenis biaya langsir dan perhitungannya mengacu pada SNI 7823-2012 tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton pracetak untuk konstruksi bangunan gedung, berikut merupakan tabel koefisien harganya adalah :

Tabel 2.9 Langsir pelat pracetak

Kebutuhan		Satuan	Indeks
Bahan	Sewa crane	Unit/hr	0.019
	Solar	L	1.897
Tenaga Kerja	Operator crane	OH	0.019

	Pembantu operator crane	OH	0.019
	Tukang batu	OH	0.038
	Pekerja	OH	0.019

3. Biaya ereksi dan pemasangan *slab precast*
 Biaya ereksi dan pemasangan slab precast mengacu pada SNI 7823-2012 tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton pracetak untuk konstruksi bangunan gedung, berikut merupakan tabel koefisien harganya adalah :

Tabel 2.10 Ereksi pelat pracetak

Kebutuhan		Satuan	Indeks
Bahan	Sewa crane	Unit/hr	0.067
	Solar	L	6.676
	Sewa pipet support	Bh/hr	1.100
Tenaga Kerja	Operator crane	OH	0.067
	Pembantu operator crane	OH	0.067
	Pekerja	OH	0.067
	Tukang batu	OH	0.067
	Tukang ereksi	OH	0.134
	Kepala tukang	OH	0.067
	Mandor	OH	0.067

4. Biaya pekerjaan bekisting lantai (*overtopping*)
 Biaya pekerjaan bekisting pelat lantai *overtopping* mengacu pada Permen PU no 11 tahun 2013, berikut merupakan tabel koefisien harganya adalah :

Tabel 2. 11 Pekerjaan bekisting pelat overtopping

Kebutuhan		Satuan	Indeks
Bahan	Lantai kerja tebal 10 cm	M3	0,08
	Besi hollow 50.50.3	Kg	9,394
	Kayu kaso 5/7	m ³	0,005
	Phenol film 12 mm	Lbr	0,08
	Minya Bekisting	L	0,20
	Dinabolt dia 12mm (10-15cm)	Bh	3,882
Tenaga kerja	Mandor	OH	0,001
	Kepala tukang kayu	OH	0,008
	Tukang batu	OH	0,076
	Pembantu tukang	OH	0,007

5. Biaya pekerjaan pembesian lantai (*overtopping*)

Biaya pekerjaan pembesian pelat lantai *overtopping* mengacu pada Permen PU no 11 tahun 2013, berikut merupakan tabel koefisien harganya adalah :

Tabel 2. 12 Pekerjaan pembesian lantai *overtopping*

Kebutuhan		Satuan	Indeks
Bahan	Besi beton polos	kg	105
	Kawat beton	kg	1,5
Tenaga Kerja	Mandor	OH	0.070
	Kepala tukang besi	OH	0.070
	Tukang besi	OH	0.700
	Pembantu tukang	OH	0.700

Pada penyusunan Tugas Akhir ini proyek yang menjadi objek penelitian untuk pembiayaan material besi dari pihak owner (*owner supply*)

6. Biaya pekerjaan beton lantai (*overtopping*)
 Biaya pekerjaan cor beton pelat lantai *overtopping* mengacu Permen PU no 11 tahun 2013 dengan mutu sesuai dengan pelat sebelum penggantian desain yaitu K-350, berikut merupakan tabel koefisien harganya adalah :

Tabel 2. 13 Pekerjaan beton lantai *overtopping*

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	Semen PC	kg	448,00
	Pasir cor	kg	667
	Batu pecah mesin ½ cm	kg	1000
	Air kerja	Liter	215
Tenaga kerja	Mandor	OH	0,105
	Kepala tukang batu	OH	0,035
	Tukang batu	OH	0,350
	Pembantu tukang	OH	2,1

2.7 K3 (Keselamatan Dan Kesehatan Kerja)

Keselamatan kerja merupakan salah satu aspek yang sangat penting bagi berlangsungnya suatu proyek konstruksi, sehingga dalam hal ini penyusunan proyek akhir menerapkan kebijakan keselamatan kerja yang berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 05/Men/1996, tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). Dalam hal ini menerapkan kebijakan kepada setiap individu yang berada dilingkungan kerja baik pekerja maupun tamu wajib mengguakan standar Alat Pangaman Diri (APD) seperti helm pelindung kepala, *safety shoes*, *body harness*, rompi/*vest* dan perangkat lain sesuai dengan tingkat risiko pekerjaan, sehingga resiko kecelakaan kerja bisa dapat dikendalikan.

Dalam rangka mengembangkan pencapaian K3, berikut merupakan beberapa kebijakan yang ditetapkan anatara lain:

1. Menjamin Keselamatan dan Kesehatan Kerja Tenaga Kerja dan orang lain (kontraktor, pemasok, pengunjung dan tamu) di tempat kerja.
2. Memenuhi semua peraturan perundang-undangan pemerintah yang berlaku dan persyaratan lainnya yang berkaitan dengan penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di tempat kerja.
3. Melakukan perbaikan berkelanjutan terhadap Sistem Manajemen dan Kinerja K3 guna meningkatkan Budaya K3 yang baik di tempat kerja.

Seehingga diharapkan kebijakan tersebut dapat mewujudkan komitmen K3 yaitu menciptakan lingkungan kerja yang sehat dan tercapainya zero accident khususnya pada pekerjaan *half slab precast*

2.7.1 Pemenuhan Peraturan Perundang-Undangan Dan Persyaratan Lainnya

Pemenuhan Peraturan Perundang – Undangan dan Persyaratan Lainnya :

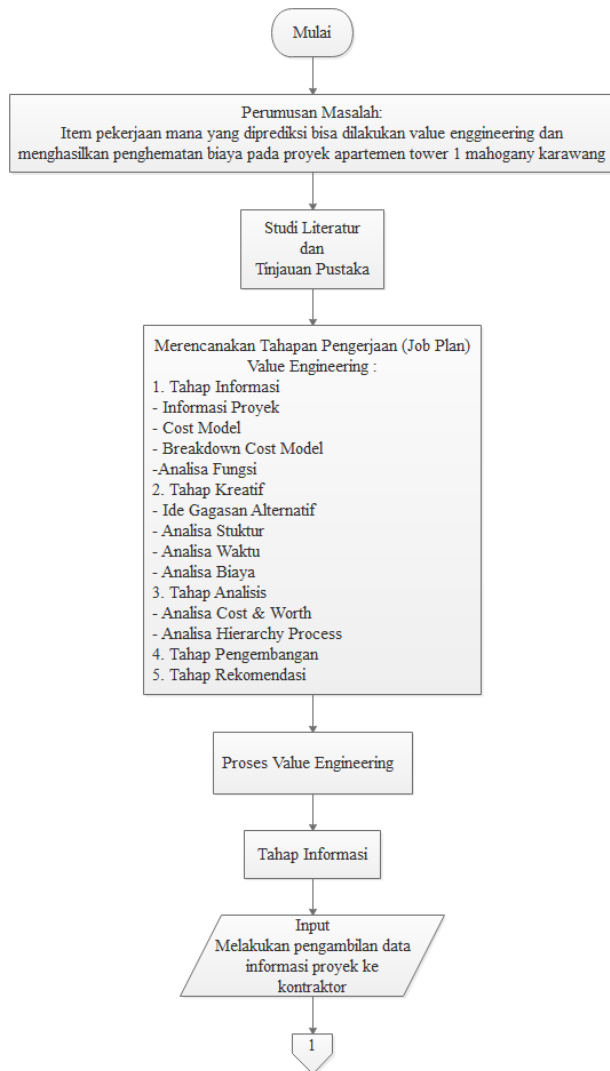
- I. UU No 18 Tahun 1999 Tentang Jasa Konstruksi
 1. Badan usaha yang mengerjakan proyek ini harus mempunyai perizinan usaha, sertifikat, klasifikasi dan kualifikasi perusahaan jasa konstruksi
 2. Semua tenaga kerja di proyek tersebut harus memiliki sertifikat keterampilan kerja dan/atau sertifikat keahlian kerja sesuai dengan bidang yang dikerjakan
 3. Harus adanya kontrak kerja yang jelas antara pihak pengguna jasa dan penyedia jasa
- II. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 05/PRT/M/2014 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Bidang Pekerjaan Umum
 1. Pemeriksaan Penerapan SMK3 Konstruksi Bidang PU yang berdasarkan tingkat potensi bahaya pada semua tahapan proyek yaitu
 - a. Tahap Pra Konstruksi:
 - b. Tahap Pemilihan Penyedia Barang/Jasa (Procurement);
 - c. Tahap Pelaksanaan Konstruksi; dan
 - d. Tahap Penyerahan Hasil Akhir Pekerjaan.
 2. Pemeriksaan Tugas, Tanggung Jawab dan Wewenang kepada :
 - a. Kementerian Pekerjaan Umum
 - i. Kepala Badan Pembinaan Konstruksi
 - ii. Pejabat Struktural Eselon I Unit Kerja Teknis
 - iii. Pejabat Struktural Eselon II Unit Kerja Teknis
 - iv. Atasan Langsung Kepala Satuan Kerja
 - v. Kepala Satuan Kerja

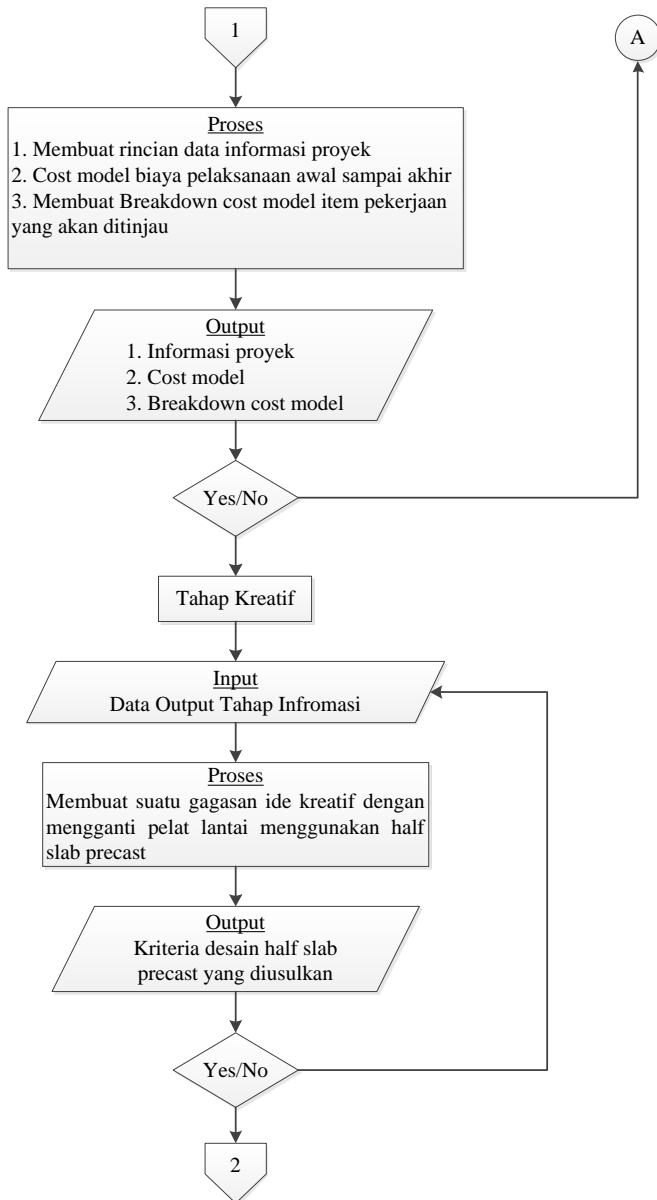
- vi. Pejabat Pembuat Komitmen
 - vii. Pokja ULP
- b. Penyedia Jasa
 - i. Penyedia Jasa Perencana Konstruksi
 - ii. Penyedia Jasa Pelaksana Konstruksi
- III. Peraturan Pemerintah no 50 tahun 2012 tentang penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja
 - 1. Pemeriksaan jumlah tenaga kerja yang bekerja dan penilaian tingkat potensi bahaya di proyek tersebut
 - 2. Pemeriksaan penerapan kebijakan nasional tentang SMK3 di dalam Badan usaha yang bersangkutan
 - 3. Pemeriksaan rencana K3 dalam proyek yang sesuai dengan kebijakan nasional tentang SMK3
 - 4. Pemeriksaan pelaksanaan rencana K3 dalam proyek yang sesuai dengan kebijakan nasional tentang K3
- IV. Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat no 66/SE/M/2015 tentang Biaya Penyelenggaraan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum
 - 1. Pemeriksaan Rincian Kegiatan Penyelenggaraan SMK3 Konstruksi yang meliputi :
 - a. Penyiapan Rencana Keselamatan dan Kesehatan Kerja Kontrak (RK3K)
 - b. Sosialisasi dan Promosi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
 - c. Alat pelindung kerja
 - d. Alat pelindung diri
 - e. Asuransi dan perijinan
 - f. Personil K3
 - g. Fasilitas sarana kesehatan
 - h. Rambu- rambu
 - i. Lain lain terkait pengendalian risiko K3

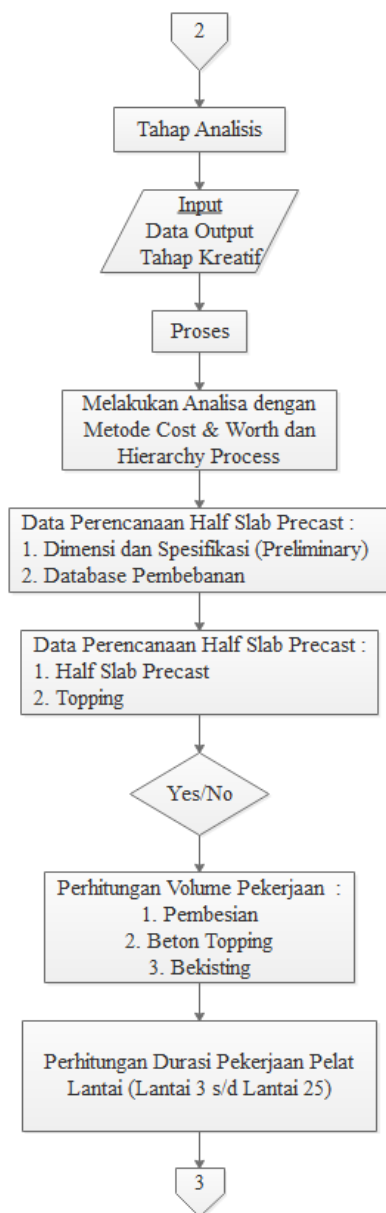
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

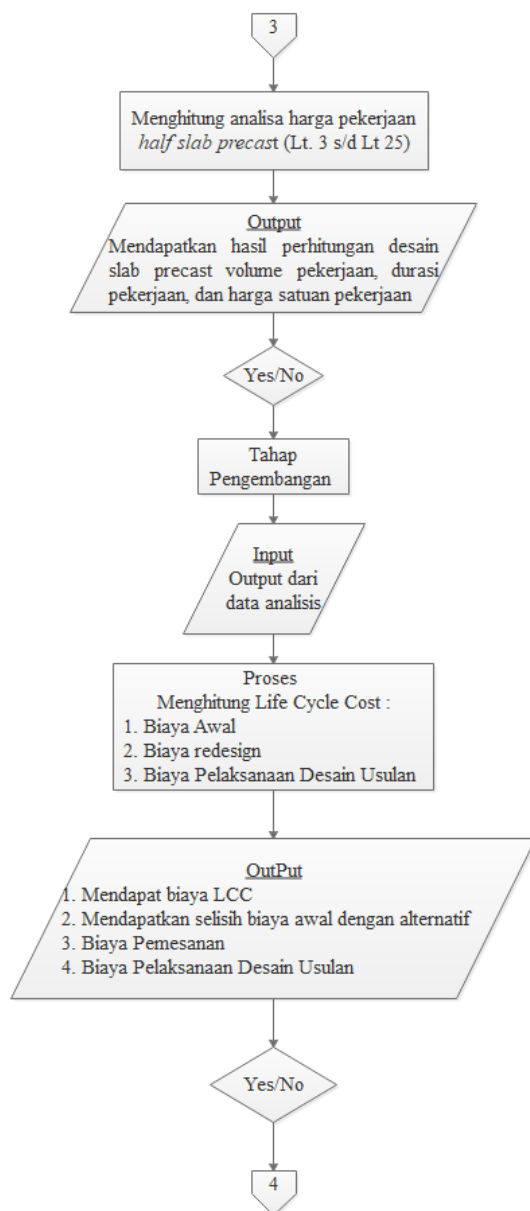
BAB III METODOLOGI

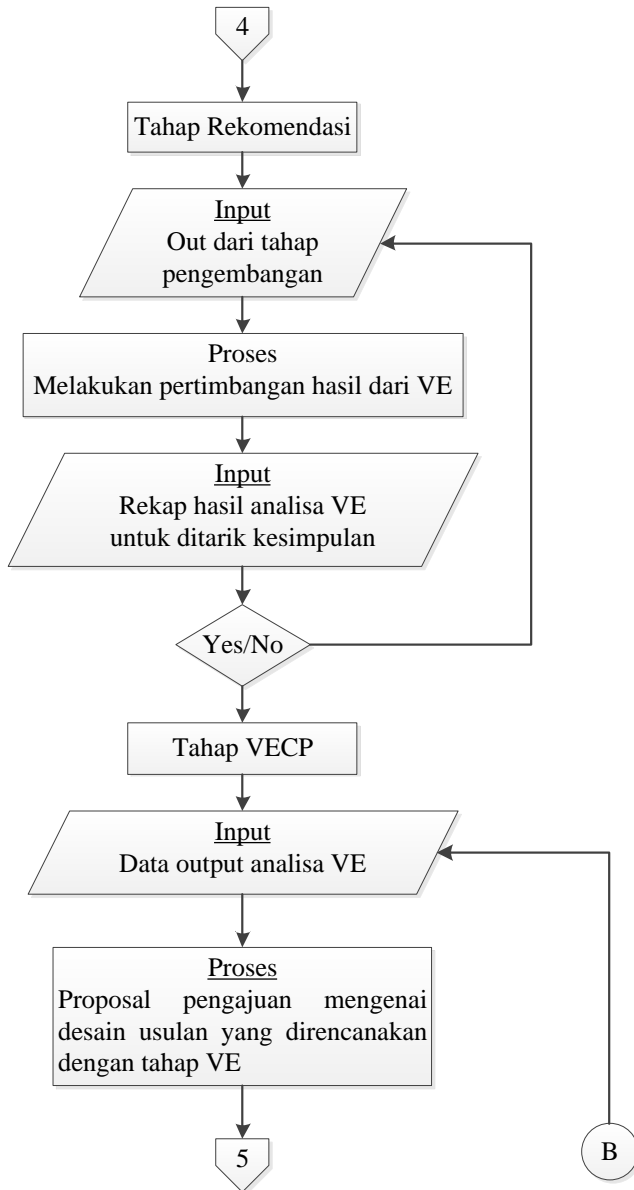
3.1 Alur dan Prosedur yang Digunakan

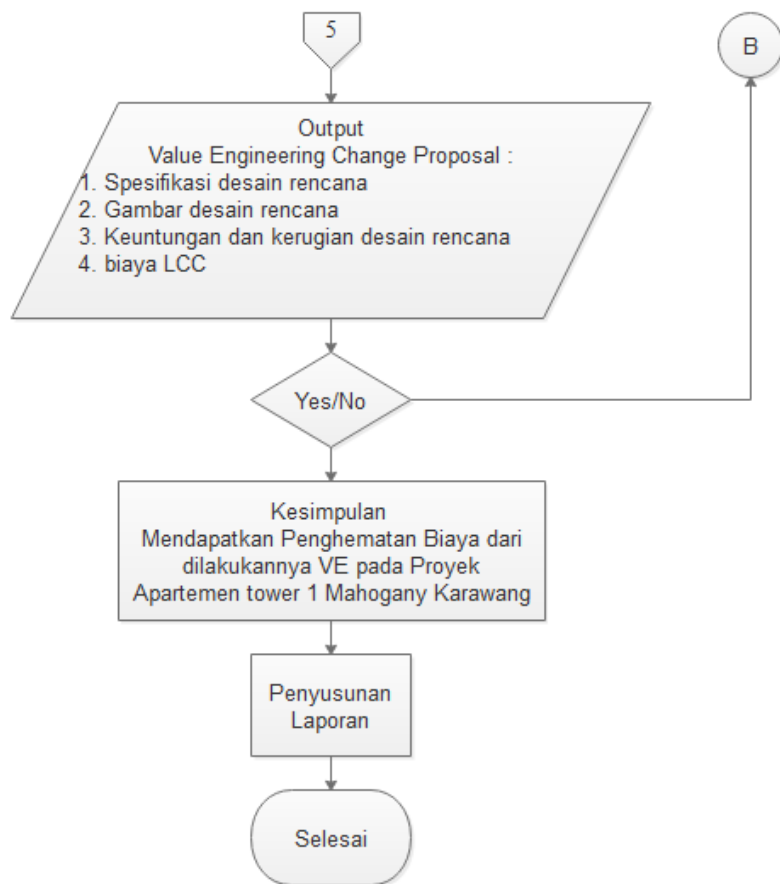




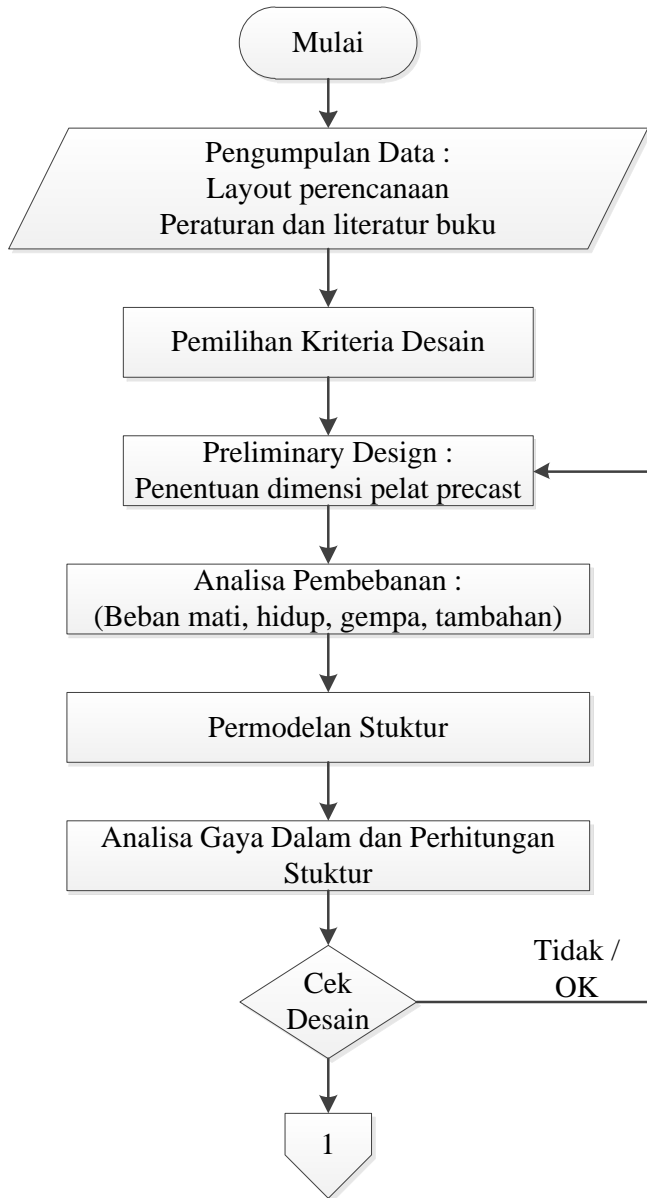


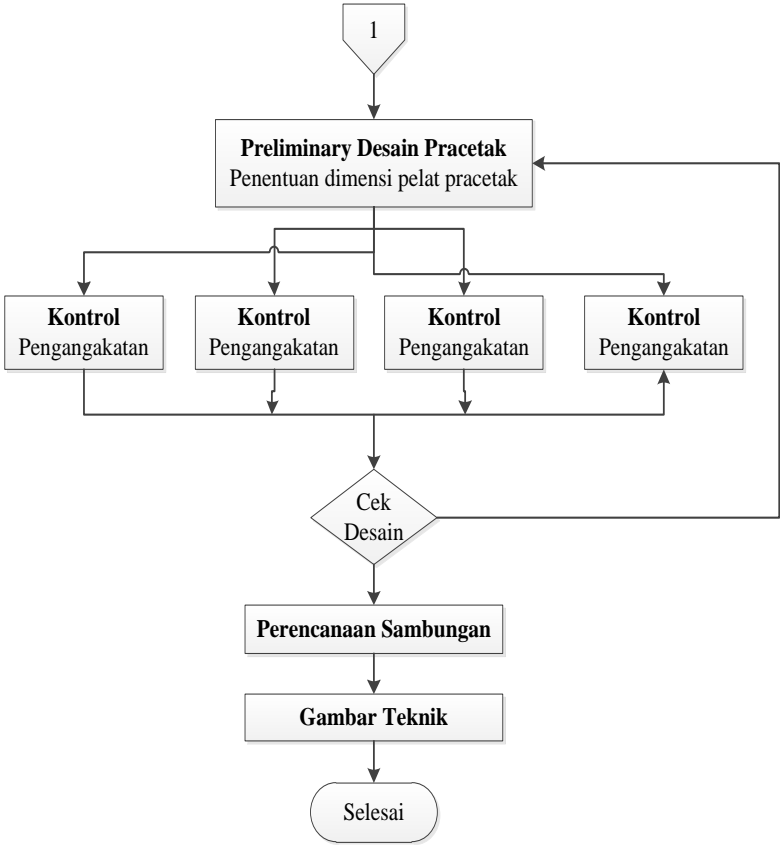






Gambar 3. 1 : Bagan alur (*flowchart*) metologi VE





Gambar 3. 2 : Bagan alur (*flowchart*) metologi Pelat *Precast*

3.1.2 Prosedur Penelitian

Analisis penerapan *Value Engineering* pada Proyek Apartemen Tamansari Mahogany Karawang yang sebagai objek penelitian penulis adalah dengan menggunakan alternatif desain *half slab precast* pada lantai 3 s/d 25 Berikut metodologi analisis penerapan *Value Engineering* yang digunakan penulis adalah sebagai berikut :

3.1.2.1 Tahap Informasi

Pada tahap informasi dilakukan pengumpulan informasi dari proyek yang menjadi objek penelitian sebanyak mungkin yang berguna untuk pengerjaan analisis penerapan value engineering, informasi tersebut dapat berupa:

- Data umum perencanaan proyek
- Struktur organisasi
- Gambar perencanaan
- Spesifikasi teknik
- Biaya proyek
- Daftar alat berat yang digunakan

Dari data yang telah diperoleh dari kontraktor pelaksana kemudian akan dilakukan suatu cost model untuk mengetahui siklus biaya (life cycle cost) awal hingga akhir konstruksi.

3.1.2.2 Tahap Kreatif

Tahap kreatif adalah tahapan dimana adanya mengembangkan ide alternatif sebanyak mungkin yang bisa memenuhi fungsi primer yang akan dicapai, sehingga diperlukan adanya pemunculan ide-ide guna memperbanyak alternatif-alternatif yang akan dipilih. Salah satu ide alternatif yang dapat digunakan pada penerapan studi ilmu *value engineering* adalah dengan mengganti pelat lantai 3 s/d 25 yang semula dengan *cor*

insitu dengan *half slab precast* tanpa mengurangi mutu dan fungsi yang telah didesain sebelumnya.

Dalam tahap ini akan direncanakan *preliminary desain* pelat precast yang eksisting kolom kekolom jaraknya 5x6m sehingga rencana akan digunakan ukuran dengan pemasangan balok pada tengah bentang 6 m. Sehingga ukuran rencana pelat *Precast* adalah 5 x 1,5 m

3.1.2.3 Tahap Analisis

Tahap analisis merupakan kegiatan evaluasi terhadap alternatif-alternatif yang telah dibentuk dan melakukan pemilihan nilai terbesar. Tahap ini juga menjawab pertanyaan tentang apa yang harus dilakukan dan bagaimana biayanya. Alternatif atau ide yang timbul diformulasikan dan dipertimbangkan keuntungan dan kerugiannya yang dipandang dari berbagai sudut, kemudian dibuatkan suatu rangking hasil penilaian.

Pada tahapan ini alternatif ide yang direncanakan adalah dengan *half slab precast* sehingga langkah-langkah dilakukan pada tahapan analisis adalah sebagai berikut :

1. Keuntungan dan kerugian menggunakan desain *half slab precast*
2. Merencanakan perhitungan desain *half slab precast* pada bangunan tanpa mengurangi mutu dan fungsi desain pelat lantai sebelumnya
3. Menghitung volume pekerjaan *half slab precast*
4. Menghitung durasi waktu dan biaya pekerjaan *half slab precast*

Sehingga dari langkah-langkah diatas akan dihasilkan perhitungan desain *half slab precast*, dari segi perhitungan struktur maupun durasi waktu dan biasanya.

3.1.2.4 Tahap Pengembangan

Tahap pengembangan dari studi VE sebagai berikut

1. Dihitung analisis life cycle cost ,
2. Perbandingkan dari desain sebelumnya sehingga didapat besar penghematan yang dapat diperoleh.
3. Life cycle cost ini adalah berupa initial cost, redesign cost, biaya pemesanan dan biaya pelaksanaan.
4. Pada proses ini tidak menampilkan biaya operasional, penggantian serta perawatan karena struktur pelat lantai tidak memerlukan biaya tersebut selama usia bangunan.

3.1.2.5 Tahap Rekomendasi

Tahap ini merupakan tahap presentasi hasil studi value engineering kepada owner dan pihak-pihak pengambil keputusan lainnya, lembar kerja value engineering dan hasil dari value engineering akan diberikan kepada owner dan pihak-pihak yang berperan dalam mengambil keputusan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Tahap Informasi

Tahap informasi adalah tahap awal dari proses *value engineering* dimana berisi tentang informasi data proyek yang dibahas. Data proyek yang didapat adalah data yang dipakai oleh kontraktor pelaksana. Data-data yang didapat ini akan dijabarkan pada sub bab berikut ini :

4.1.1 Data Proyek

Nama Proyek	: Proyek Pembangunan Apartemen Tamansari Mahogany Karawang
Lokasi	: Jl. Arteri Karawang Barat, Dusun Badami, No. 8 RT. 04 RW. 02, Kel. Marga Kaya, Kec. Telukjambe Barat, Karawang
Luas lahan	: $\pm 8.500 \text{ m}^2$
Peruntukan	: Hunian, perdagangan dan jasa
Pemberi Tugas	: KSO PT. Wijaya Karya Bangunan Gedung- PT. Mahoni Citra Persada
Sumber Dana	: PT. Wijaya Karya Bangunan Gedung
Konsultan Struktur	: PT. Concedo Efigies Idea
Konsultan Arsitek	: PT. TCA Rekacipta Indonesia
Konsultan MEP	: PT. Beima Techno
Kontraktor Utama	: PT. Wijaya Karya Bangunan Gedung
Nilai Kontrak	: <ul style="list-style-type: none">• Pancang Tower 1 & 2 Rp. 20.446.000.000,- (-inc. PPh, -exc. PPn)• SAMEP Tower 1 & Podium Rp. 162.965.000.000,- (-inc. PPh, -exc. PPn)
Jenis Pekerjaan	: 1. Lump Sum (<i>fixed price</i>) 2. Prov Sum
Waktu Pelaksanaan	: 23 bulan (683 hari kalender)
Masa Pemeliharaan	: 12 bulan (360 hari kalender)

Lingkup Pekerjaan : Persiapan – Tanah - Struktur – Arsitektur
– *Façade* - MEP

Paket Pekerjaan : 1. Paket Pekerjaan Tower 1 Apartemen
2. Paket Pekerjaan Tower 3 Condotel
3. Paket Pekerjaan Tower 2 Apartemen

Kondisi *existing* : Lokasi berupa tanah sawah yang
sebagian berlumpur

Ketentuan Tinggi Bangunan : ± 81.50 m

Ketentuan Fungsi Bangunan: *Mixed Use (Office, Apartemen,
Condotel, Retail)*

Kapasitas Parkir : ± 350 Lot Parkir

Jumlah Total Apartemen : 796 unit

Jumlah Total condotel : 234 unit

Konstruksi Utama

A. Pondasi : *Pilecap (Spun Square)*

Dimensi : 45x45 cm

Kedalaman : 35 m-45 m

B. Kolom Struktur

Dimensi : 1200x600, 1000x500,
700x700, 400x700

C. Balok Struktur

Dimensi : 250x450, 300x600,
800x400, 400x700

D. Atap : Dak Beton

E. Struktur Bangunan : Beton Bertulang



Gambar 4. 1 Ilustrasi Gedung Tamansari *Mahogany*

Lokasi Proyek dan Situasi Proyek



Gambar 4. 2 Site Plan lokasi proyek



Gambar 4. 3 Denah lokasi proyek

Lokasi proyek terletak di area Kota Karawang yang lebih tepatnya berada di Jl. Arteri Karawang Barat, Dusun Badami, No. 8 RT. 04 RW. 02, Kel. Marga Kaya, Kec. Telukjambe Barat, Karawang. Adapun batas-batas yang mengelilingi lokasi proyek :

- Sebelah Barat : PT. Tenang Jaya Sejahtera
- Sebelah Timur : Jl. Interchange Karawang Barat
- Sebelah Utara : Hotel Grand Citra
- Sebelah Selatan : Sunagai Kalimalang, Jl. Raya Badami

4.1.2 Struktur Organisasi

Proyek pembangunan Apartemen Tamansari Mahogany Karawang dimana kontraktor pelaksanaannya adalah PT. Wijaya Karya Bangunan Gedung memiliki tingkatan organisasi selama pekerjaan berlangsung. Untuk struktur organisasi dapat dilihat pada lampiran.

4.1.3 Spesifikasi Teknis

Dalam pelaksanaan pembangunan proyek, kontraktor menggunakan spesifikasi teknis yang sesuai dengan spesifikasi teknis yang ditetapkan oleh pihak pemilik (owner). Spesifikasi teknis yang ada dalam kontrak adalah spesifikasi teknis untuk pekerjaan stuktur dan arsitektur, berikut ini spesifikasi teknis untuk pekerjaan stuktur dapat dilihat pada tabel 4.1 :

Tabel 4. 1 Spesifikasi teknis pekerjaan stuktur

BAHAN			
BETON TIEBEAM		K - 350	$f_c' = 29.05 \text{ Mpa}$
BETON PILE CAP		K - 350	$f_c' = 29.05 \text{ Mpa}$
RETAINING WALL		K - 500	$f_c' = 41.50 \text{ Mpa}$
BETON	LT. BS 2 – LT. 11	K - 500	$f_c' = 41.50 \text{ Mpa}$
KOLOM	LT. 12 – LT. 26	K - 400	$f_c' = 33.20 \text{ Mpa}$
BETON	LT. BS 2 – LT. 11	K - 500	$f_c' = 41.50 \text{ Mpa}$
SHEAR	LT. 12 – LT. 26	K - 400	$f_c' = 33.20 \text{ Mpa}$
BETON BALOK		K - 350	$f_c' = 29.05 \text{ Mpa}$
BETON PLAT LANTAI		K - 350	$f_c' = 29.05 \text{ Mpa}$
BETON TANGGA		K - 350	$f_c' = 29.05 \text{ Mpa}$
SENGKANG : < ϕ 10		U24	$f_y' = 2400 \text{ kg/cm}^2$
$\geq D 10$		U39	$f_y' = 3900 \text{ kg/cm}^2$
TUL. UTAMA : < D 10		U24	$f_y' = 2400 \text{ kg/cm}^2$
$\geq D 10$		U39	$f_y' = 3900 \text{ kg/cm}^2$
Spesifikasi tulangan harus memenuhi ketentuan ASTM A 706 atau ASTM A 615M			

4.1.4 Daftar Peralatan yang Digunakan

Pelaksanaan pekerjaan pelat lantai dalam proyek pembangunan apartemen Tamansari *Mahogany* Karawang menggunakan beberapa alat berat, data peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan pelat lantai dapat dilihat pada tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Data peralatan yang digunakan

No	Nama Alat yang Digunakan
1	Tower Crane
2	Concrete Pump
5	Bar Bender

Alat yang dicantumkan diatas merupakan peralatan yang digunakan untuk pekerjaan pelat lantai, mulai dari penurunan material *precast* sampai dengan pengecoran topping cor nantinya.

4.1.5 Gambar Proyek

Data gambar proyek yang digunakan adalah gambar yang digunakan oleh pihak kontraktor (*Shopdrawing*) dimana gambar yang menjadi acuan dalam proses pengerjaan pembangunan apartemen Tamansari *Mahogany*.

4.1.6 Cost Model

Pengelompokan elemen pengerjaan masing-masing adalah tujuan dari cost model dimana agar terlihat perbedaan biaya tiap elemen pekerjaan yang dijadikan pedoman dalam analisa *value engineering*. Dalam pengolahan data cost model ini menggunakan hukum pareto agar dapat mengetahui biaya tertinggi pada proyek ini. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian hukum pareto :

1. Mengurutkan biaya pekerjaan dari yang terbesar ke yang terkecil.
2. Menjumlahkan biaya pekerjaan total secara kumulatif.
3. Menghitung presentase biaya masing-masing pekerjaan.

$$\% \text{ Biaya pekerjaan} = \frac{\text{Biaya pekerjaan}}{\text{Total biaya keseluruhan}}$$

4. Menghitung presentase kumulatif.

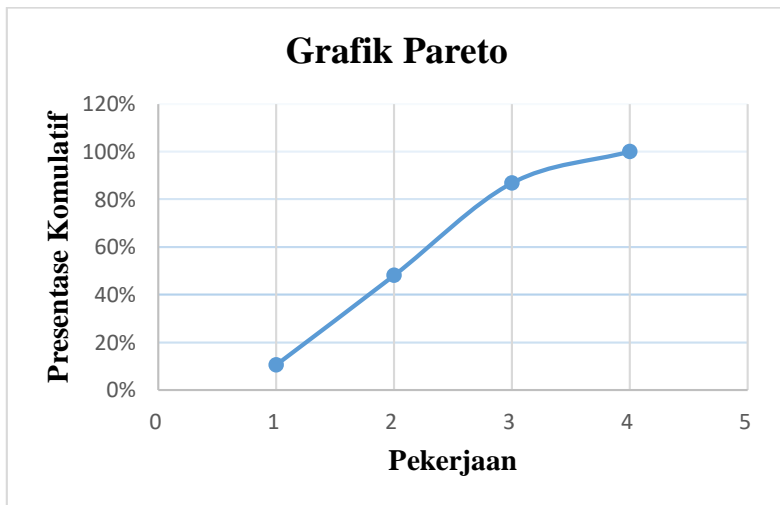
5. Mengeplot presentase kumulatif.

Hasil hukum pareto dari biaya total keseluruhan proyek dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4. 3 Tabel hasil pengujian pareto

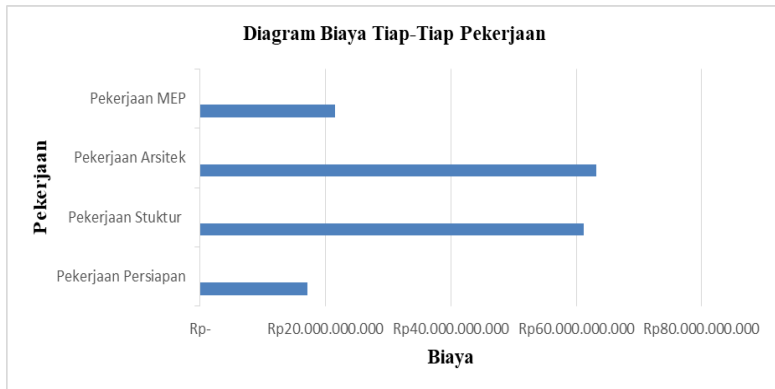
No.	Pekerjaan	Biaya	Presentase Harga	Presentase Kumulatif
1	Pekerjaan Persiapan	Rp 17.048.586.383	10,46%	10%
2	Pekerjaan Stuktur	Rp 61.180.923.730	37,54%	48%
3	Pekerjaan Arsitek	Rp 63.190.531.700	38,78%	87%
4	Pekerjaan MEP	Rp 21.545.736.958	13,22%	100%
Total		Rp 162.965.778.771		

Sumber : Hasil olahan sendiri



Gambar 4. 4 Grafik Pareto

Sumber : Hasil olahan sendiri



Gambar 4. 5 Diagram Biaya Tiap-Tiap Pekerjaan

Sumber : Hasil olahan sendiri

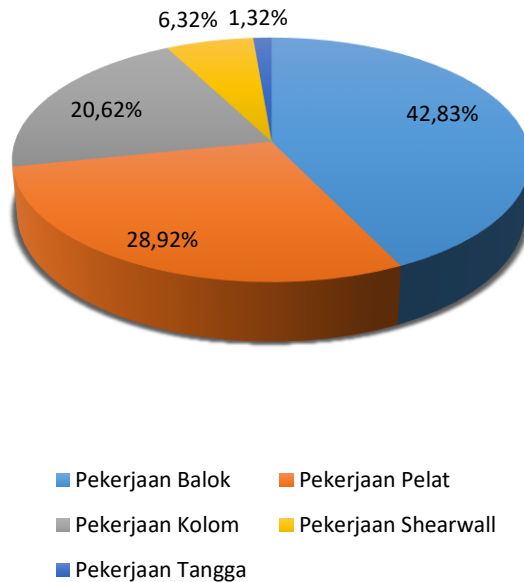
Dari hasil pareto keseluruhan biaya proyek dapat dilihat bahwa pada proyek pembangunan ini pekerjaan yang berbobot besar adalah pekerjaan arsitek yang memiliki bobot 38,78% dari nilai total dan pekerjaan stuktur yang memiliki bobot 37,54% dari nilai total pekerjaan.

Dari kedua pekerjaan yang akan dianalisa lebih dalam lagi dengan *cost model* hukum pareto adalah pekerjaan stuktur, karena *value engineering* yang ingin dibahas pada penelitian ini masuk dalam pekerjaan stuktur, dan yang diambil hanya pada stuktur lantai 3 sampai dengan lantai 25 sesuai dengan batasan masalah yang diambil.

Tabel 4. 4 Hasil pareto pekerjaan stuktur

No.	Pekerjaan	Biaya	Presentase Harga	Presentase Kumulatif
1	Pekerjaan Balok	Rp 11.452.410.438	42,83%	43%
2	Pekerjaan Pelat	Rp 7.735.002.383	28,92%	72%
3	Pekerjaan Kolom	Rp 5.513.668.921	20,62%	92%
4	Pekerjaan Shearwall	Rp 1.689.150.479	6,32%	99%
4	Pekerjaan Tangga	Rp 352.005.382	1,32%	100%
Total		Rp 26.742.237.603		

Sumber : Hasil olahan sendiri



Gambar 4. 6 : Diagram besar setiap pekerjaan stuktur

Sumber : Hasil olahan sendiri

Dari analisa pareto pada pekerjaan stuktur diatas menunjukkan bahwa nilai bobot pekerjaan yang besar adalah pekerjaan balok dan pekerjaan pelat, dimana pekerjaan balok adalah pekerjaan stuktur primer dan pekerjaan stuktur pelat adalah stuktur sekunder. Stuktur sekunder adalah bahasan dalam penelitian ini sehingga dilanjutkan pada analisa *breakdown* pekerjaan pelat lantai mulai dari lantai 3 sampai dengan lantai 25.

Tabel 4. 5 : *Breakdown* pekerjaan pelat lantai

No.	Pekerjaan	Biaya	Presentase Harga	Presentase Kumulatif
1	Pekerjaan Beton	Rp 2.651.781.464	9,92%	9,92%
2	Pekerjaan Bekisting	Rp 1.939.028.631	7,25%	17,17%
3	Pekerjaan Pembesian	Rp 3.144.192.289	11,76%	28,92%
	Total	Rp 7.735.002.383		

4.1.7 Pemilihan Pekerjaan

Pada tahap informasi ini pemilihan pekerjaan yang diambil adalah pekerjaan struktur sekunder pada elemen struktur pelat lantai. Pada penelitian ini, analisa VE lebih lanjut akan dilakukan pada perencanaan desain alternatif yakni half slab precast.

4.2 Tahap Kreatif

Setelah mengumpulkan informasi yang dibutuhkan untuk melakukan studi *value engineering* maka kemudian dilakukan tahap kreatif, dimana pada tahapan ini merupakan pengembangan ide-ide alternatif yang kreatif sebanyak mungkin untuk memenuhi fungsi primer atau pokoknya, alternatif tersebut dapat dikaji dari segi desain, bahan, waktu pelaksanaa, metode pelaksanaan, dan lain-lain.

Pada tahap kreatif ini berkaitan dengan tugas akhir penulis mengusulkan hanya dengan satu desain alternatif yaitu menggunakan *half slab precast*, dimana desain usulan ini diharapkan bisa menjawab dari rumusan masalah yang diangkat. Alternatif desain yang diusulkan kemudian ditabelkan yang dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4. 6 : Tabel alternatif pekerjaan pelat lantai

Tahap Kreatif	
Proyek	: Proyek Pembangunan Apartemen Tamansari Mahogany Karawang
Lokasi	: Jl. Arteri Karawang Barat, Kawarang.
Item Pekerjaan	: Pekerjaan Pelat Lantai (Lt. 3 s/d Lt. 25)
Fungsi	: Menerima Beban dan Mendistribusikan Beban ke Balok
Desain Awal	
Pelat Lantai Konvensional Menggunakan Beton Bertulang	
Desain Alternatif	
Pelat Lantai dengan Menggunakan Half Slab Beton Bertulang	

Desain alternatif dengan menggunakan *half slab* tetap menggunakan mutu yang sama dengan kondisi eksisting yang ada yaitu :

- Mutu beton *half slab precast* ($f'c$) : 29,05 Mpa (K-350)
- Mutu beton *topping* ($f'c$) : 29,05 Mpa (K-350)
- Tebal *Half slab precast* : 80 mm
- Tebal *topping* : 40 mm
- Mutu baja tulangan (f_y) : 400 Mpa

Perhitungan dilakukan dengan berpedoman pada SNI 2847-2013 dan *PCI Design Handbook*. Dengan dilakukannya desain mutu yang sama seperti kondisi eksisting maka yang membedakan nantinya adalah hasil desain produk yang disajikan berupa pelat lantai pracetak.

4.2.1 Analisa Stuktur

Pada tahap analisa stuktur ini masuk dalam tahap kreatif karena pada saat analisa stuktur terdapat proses kreatifitas dalam usulan desain perencanaan dan efek dari tahap kreatif tentang usulan penggantian pelat konvensional menjadi pelat *half slab precast*. Perencanaan desain ini direncanakan tanpa menggiatkan stuktur rangka utama bangunan. Karena pelat lantai sendiri merupakan stuktur sekunder yang memiliki fungsi menerima

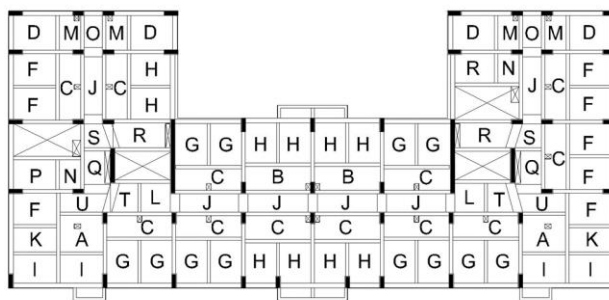
beban dan menyalurkan beban ke struktur balok. Pada tahap analisa struktur pelat *precast* yang ditinjau adalah lantai 3 sampai lantai 25 yang memiliki desain ruangan dan fungsi yang sama.

4.2.1.1 Data Perencanaan Pelat

Data perencanaan yang digunakan adalah data yang sesuai dengan spesifikasi teknis pada pelat konvensional yang ada tanpa mengurangi mutu yang ada.

- Mutu Beton (f'_c) = 29,05 Mpa (K-350)
- Mutu Baja (f_y) = 400 Mpa
- Diameter tulangan rencana = 10 mm
- Tebal pelat = 12 cm
- Tebal pelat *precast* = 7 cm = 70 mm
- Tebal *topping* = 5 cm = 50 mm
- Tebal *decking* = 2 cm = 20 mm

Denah perencanaan *half slab precast* direncanakan sesuai dengan kesamaan dan bentuk yang ada, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. 7 : Denah perencanaan *half slab precast*

Sumber : Hasil olahan sendiri

Tabel 4. 7 : Dimensi rencana *half slab precast*

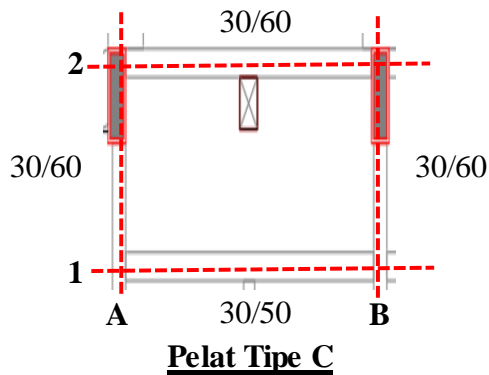
NO	TIPE	DIMENSI (M) PELAT PRECAST		LUASAN	BERAT PELAT	JUMLAH	VOLUME
		X	Y	M2	TON	PELAT	(M3)
1	A	3,2	3,8	12,16	2,33	46	67,12
2	B	2,1	5,8	12,18	2,34	92	134,47
3	C	1,9	5,8	11,02	2,12	230	304,15
4	D	3,1	3,7	11,47	2,20	92	126,63
5	E	2,8	3,8	10,64	2,04	184	234,93
6	F	2,8	3,7	10,36	1,99	276	343,12
7	G	2,8	3,5	9,8	1,88	230	270,48
8	H	2,5	3,8	9,5	1,82	92	104,88
9	I	1,7	5,2	8,84	1,70	138	146,39
10	J	2,2	3,8	8,36	1,61	46	46,15
11	K	2,6	2,6	6,76	1,30	46	37,32
12	L	1,9	3,1	5,89	1,13	92	65,03
13	M	1,9	2,6	4,94	0,95	46	27,27
14	N	1,7	2,8	4,76	0,91	46	26,28
15	O	2,6	3,7	9,62	1,85	23	26,55
16	P	2,3	3	6,9	1,32	46	38,09
17	Q	2,6	3,5	9,1	1,75	23	25,12
18	R	2,1	5	10,5	2,02	23	28,98
19	S	2,1	2,5	5,25	1,01	23	14,49
20	T	2,4	2,5	6	1,15	23	16,56
21	U	1,6	4,4	7,04	1,35	23	19,43
TOTAL						1840	2103,42

Sumber : Hasil olahan sendiri

4.2.1.2 Perencanaan Tebal Pelat

Perencanaan tebal pelat minimum mengacu pada SNI 03-2847-2013, untuk pelat satu arah mengacu pada pasal 9.5.2 tabel 9.5(a). dan untuk pelat dua arah mengacu pada pasal 9.5.3. Pada perencanaan tebal pelat pracetak ini mengambil satu dimensi dari 21 tipe yang ada yaitu tipe F untuk pelat dua arah dan tipe C untuk pelat satu arah.

A. *Preliminary Design Pelat Satu Arah*



Gambar 4. 8 : Denah pelat tipe C

Posisi balok	Dimensi	
	b (cm)	h (cm)
As A joint 1-2	30	60
As B joint 1-2	30	60
As 1 joint A-B	30	50
As 2 joint A-B	30	60

Data Pelat Tipe C

Fungsi Bangunan	= Apartemen
Lx	= 190 cm
Ly	= 580 cm
F'c	= 29,05 Mpa
Fy Lentur	= 400 Mpa
Fy Geser	= 400 Mpa

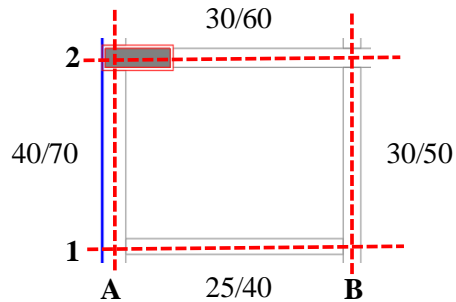
$$Ln = 580 - \left(\left(\frac{30}{2} \right) + \left(\frac{30}{2} \right) \right) = 550 \text{ cm}$$

$$Sn = 190 - \left(\left(\frac{30}{2} \right) + \left(\frac{30}{2} \right) \right) = 160 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{Ln}{Sn} = \frac{550}{160} = 3,44 \quad (\beta \geq 2 \text{ (pelat satu arah)})$$

Tebal minimum pelat satu arah (*One-way slab*) menggunakan rumus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2 (tabel 9.5(a)). Tebal minimum (h) bila lendutan tidak dihitung : $\frac{L}{28} = \frac{580}{28} = 20,7 \text{ cm}$. Tapi untuk dimensi yang dipakai tetap 12 cm dengan konfigurasi 7 cm (pelat pracetak) dan 5 cm (untuk cor insitu).

B. Preliminary Design Pelat Dua Arah



Pelat Tipe F

Gambar 4. 9 : Denah pelat tipe F

Posisi balok	Dimensi	
	b (cm)	h (cm)
As A joint 1-2	40	70
As B joint 1-2	30	50
As 1 joint A-B	25	40
As 2 joint A-B	30	60

Data Pelat Tipe F

Fungsi Bangunan	= Apartemen
Lx	= 280 cm
Ly	= 370 cm
F'c	= 29,05 Mpa
Fy Lentur	= 400 Mpa
Fy Geser	= 400 Mpa

$$L_n = 370 - \left(\left(\frac{40}{2} \right) + \left(\frac{30}{2} \right) \right) = 335 \text{ cm}$$

$$S_n = 280 - \left(\left(\frac{25}{2} \right) + \left(\frac{30}{2} \right) \right) = 252,5 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{335}{252,5} = 1,33 \quad (\beta \leq 2 \text{ (pelat dua arah)})$$

Tebal minimum pelat satu arah (*Two-way slab*) menggunakan rumus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3
Tebal minimum (h) bila lendutan tidak dihitung :

$\frac{L}{28} = \frac{370}{28} = 13,2 \text{ cm}$. Tapi untuk dimensi yang dipakai tetap 12 cm dengan konfigurasi 7 cm (pelat pracetak) dan 5 cm (untuk cor insitu).

4.2.1.3 Pembebanan Pelat Lantai

Pada pembebanan pelat lantai yang direncanakan dibagi menjadi 3 kondisi pembebanan tergantung dengan tinjauan beban yang bekerja diantaranya adalah sebagai berikut :

A. Beban Saat Pengangkatan

Beban saat pengangkatan ini ada berat sendiri pelat, berat kejut akibat pengangkatan :

Beban Mati (Qd)

- Berat sendiri pelat/ 1m

$$= 1 \text{ m} \times 0,07 \text{ m (tebal pelat pracetak)} \times 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$= 168 \text{ kg/m}$$
- Berat kejut pengangkatan

$$= 0,5 \times Q_d$$

$$= 0,5 \times 168 \text{ kg/m}$$

$$= 84 \text{ kg/m}$$

B. Beban Sebelum Komposit

Saat sebelum komposit beban diperhitungan dalam dua keadaan dan diambil nilai yang paling kritis dari dua keadaan yaitu :

1. Berat orang yang bekerja dan peralatannya saat pemasangan pelat pracetak, pada saat ini berat topping belum diperhitungkan.
2. Pada saat beton topping telah terpasang tapi belum berkomposit dengan pelat pracetak, sehingga yang terjadi adalah beban precast + topping + pekerja.

Beban Mati (DL)

- Berat Precast
 $= 1 \text{ m} \times 0,07 \text{ m (tebal pelat pracetak)} \times 2400 \text{ kg/m}^3$
 $= 168 \text{ kg/m}$
- Berat Topping
 $= 1 \text{ m} \times 0,05 \text{ m (Tebal Topping)} \times 2400 \text{ kg/}$
 $= 120 \text{ kg/m}$
- Total Beban Mati (DL)
 $= \text{Berat Precast} + \text{Berat Topping}$
 $= 168 \text{ kg/m} + 120 \text{ kg/m}$
 $= 288 \text{ kg/m}$

Beban Hidup (LL)

- Beban pekerja
 $= 100 \text{ kg/m}^2$

C. Beban Sesudah Komposit

Beban sesudah komposit akan bekerja apabila elemen beton topping dan elemen pelat pracetak sudah komposit dan bekerja bersama-sama dalam memikul beban.

Beban Mati (DL)

- Berat pelat (1m x 0,12 m x 2400) = 288 kg/m
- Berat keramik = 16 kg/m²
- Berat spesi 2 cm = 20 kg/m²
- Plafond = 8 kg/m²
- Penggantung = 7 kg/m²
- Instalasi listrik = 40 kg/m²
- Perpipaan = 25 kg/m² +

$$\text{Total Beban Mati (DL)} = 404 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup (LL)

- Beban hidup (apartemen)
= 250 kg/m²

4.2.1.4 Kombinasi Pembebanan Pelat Lantai

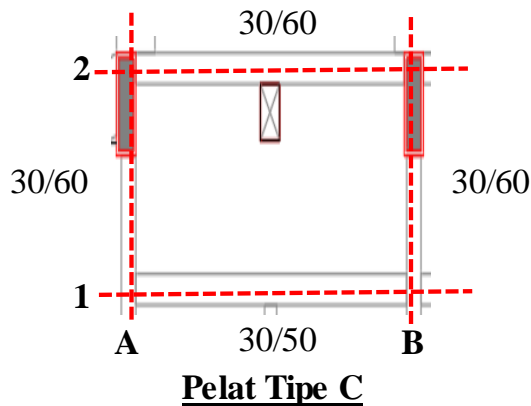
Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1. didapatkan sebagai berikut :

$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

- Keadaan 1 saat pengangkatan
 $Q_u = 1,2 (252 \text{ kg/m}) + 1,6 (0 \text{ kg/m}) = 302 \text{ kg/m}$
- Keadaan 2 saat sebelum komposit
 $Q_u = 1,2 (288 \text{ kg/m}) + 1,6 (100 \text{ kg/m}) = 506 \text{ kg/m}$
- Keadaan 3 saat sesudah komposit
 $Q_u = 1,2 (479 \text{ kg/m}) + 1,6 (250 \text{ kg/m}) = 885 \text{ kg/m}$

4.2.1.5 Perhitungan Tulangan Pelat 1 Arah

Perhitungan tulangan pelat 1 arah ini akan direncanakan dengan mempertimbangkan 3 kondisi yaitu pada kondisi pertama penulangan saat pengangkatan, penulangan saat sebelum komposit, dan penulangan saat sesudah komposit. Kemudian dari 3 kondisi yang ditinjau akan dipilih tulangan yang layak untuk digunakan pada ketiga keadaan tersebut. Untuk perencanaan pelat 1 arah diambil sampel 1 tipe pelat dan disamakan untuk tulangan untuk memudahkan pelaksanaan. Perhitungan pelat 1 arah yang ditinjau pada **tipe pelat C** dengan dimensi **190 cm x 580 cm** yang dianggap mewakili perhitungan pelat lainnya.

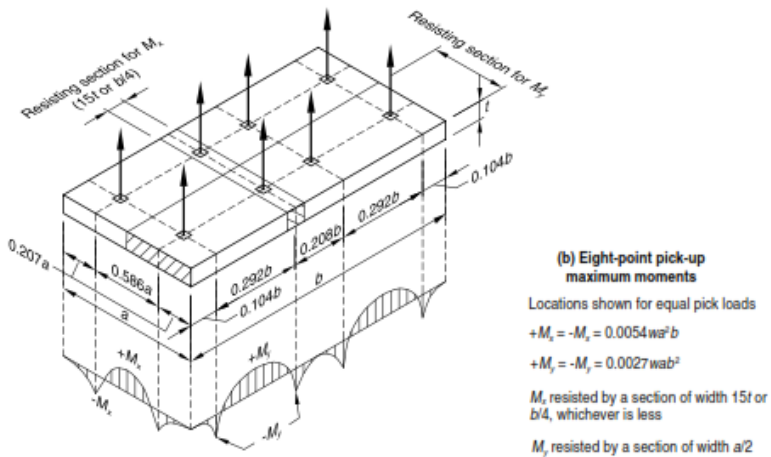


Gambar 4. 10 : Pelat tipe C (190 cm x 580 cm)

Pada penulangan pelat satu hanya terdapat satu tulangan utama yaitu arah melintang pelat, sedangkan tulangan yang terdapat pada arah memanjang pelat merupakan tulangan pembagi yang berfungsi untuk menahan susut dan suhu. Penulangan utama pelat daerah tumpuan sama dengan daerah lapangan hanya tulangan tariknya beda letak. Pada tumpuan tulangan Tarik berada diatas sedangkan pada lapangan tulangan tariknya berada dibawah. Tulangan direncanakan **D8 (50,24 mm²)**.

4.3.1.5.1 Penulangan Sebelum Komposit Akibat Pengangkatan

Pengangkatan adalah proses saat instalasi pelat pracetak (*erection*). Besarnya momen dan pengaturan jarak tulangan angkat sesuai dengan buku “*PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete*” seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini dimana momen daerah tumpuan berbeda dengan momen daerah lapangan karena pada tipe pelat satu arah ini menggunakan 8 titik angkat yaitu :



Gambar 4. 11 : Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)
(Sumber : *PCI Design Handbook 7th Precast and Prestressed*)

$$M_x = 0,0054 \times W \times a^2 \times b$$

$$M_y = 0,0027 \times W \times a \times b^2$$

Pada pelat tipe C : 190 cm x 580 cm ($L_x = 190$ cm, $L_y = 580$ cm)

Ditentukan untuk $a = 190$ cm dan $b = 580$ cm

Dengan $W = 1,2 \times (DL) = 1,2 \times 252 \text{ kg/m} = 302 \text{ kg/m}$

Maka :

$$M_x = 0,0054 \times 302 \text{ kg/m} \times (1,9 \text{ m})^2 \times 5,8 \text{ m} = 34,19 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0,0027 \times 302 \text{ kg/m} \times 1,9 \text{ m} \times (5,8 \text{ m})^2 = 52,19 \text{ kgm}$$

- **Penulangan Arah X**

Berdasarkan SNI beton 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c lebih kecil dari pada atau sama dengan 30 Mpa. Untuk beton dengan nilai kuat tekan di atas 30 Mpa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 Mpa diatas 30 Mpa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65, maka :

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (karena } f'_c = 29,05 \text{ Mpa)}$$

$$M_{ux} = 34,1909 \text{ kgm}$$

$$= 341909 \text{ Nmm}^2$$

$$d_x = h - \text{Beton Decking} - \text{Diameter Tulangan}/2$$

$$= 70\text{mm} - 20\text{mm} - (10\text{mm}/2)$$

$$= 45 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \times b \times d_x^2} = \frac{341909,164 \text{ Nmm}}{0,8 \times 1000\text{mm} \times (45\text{mm})^2} = 0,211$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2} = 16,199$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ N/mm}^2} \right) = 0,031 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,031 = 0,024$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{16,199} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 16,199 \times \left(0,211 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\ &= 0,00053 \end{aligned}$$

- **Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,00053 < 0,024 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho =$ ditambah 30% dari ρ (SNI 2847:2013, pasal 10.5.3)

- **Sehingga $\rho = 1,3 \times \rho$**

$$\rho = 1,3 \times 0,00053$$

$$\rho = 0,0006889$$

- **Maka** $As_{perlu} = \rho \times b \times d$
 $As_{perlu} = 0,0006889 \times 1000 \text{ mm} \times 45 \text{ mm}$
 $As_{perlu} = 31 \text{ mm}^2$

- **Coba direncanakan dengan Tulangan Ø6-150**

$$As = 28,26 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = 6 \text{ Buah}$$

$$As_{pakai} = 169,56 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol kebutuhan tulangan**

$$As_{pakai} \geq As_{perlu}$$

$$169,56 \text{ mm}^2 \geq 31 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S = \frac{1000}{6 \text{ Buah}} = 16,6 \text{ mm dipakai jarak} = 15 \text{ cm}$$

- **Cek syarat minimum tulangan :**

$$As_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w d$$

$$= \frac{0,25 \sqrt{29,05}}{400} \times 1000 \times 45 = 151,614 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 45 = 157,5 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$As_{pakai} > As_{min}$$

$$169,56 \text{ mm}^2 > 157,5 \text{ mm}^2 (\text{Memenuhi}) \text{ pakai } \underline{\text{Ø6-150}}$$

- **Penulangan Arah Y**

Berdasarkan SNI beton 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c lebih kecil dari pada atau sama dengan 30 Mpa. Untuk beton dengan nilai kuat tekan di atas 30 Mpa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 Mpa diatas 30 Mpa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65, maka :

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (karena } f'_c = 29,05 \text{ Mpa)}$$

$$M_{uy} = 52,19 \text{ kgm}$$

$$= 521861 \text{ Nmm}^2$$

$$d_y = h - \text{Beton Decking} - \text{Diameter tulangan} - \text{Diameter Tulangan}/2$$

$$= 70\text{mm} - 20\text{mm} - 10\text{mm} - (10\text{mm}/2)$$

$$= 35 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \times b \times d_x^2} = \frac{341909,164 \text{ Nmm}}{0,8 \times 1000\text{mm} \times (35\text{mm})^2} = 0,501$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2} = 16,199$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2 \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ N/mm}^2} \right)}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,031 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,031 = 0,024$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{16,199} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 16,199 \times \left(0,501 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\ &= 0,00127 \end{aligned}$$

- **Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,00127 < 0,024 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho =$ ditambah 30% dari ρ (SNI 2847:2013, pasal 10.5.3)

- **Sehingga $\rho = 1,3 \times \rho$**

$$\rho = 1,3 \times 0,00127$$

$$\rho = 0,0016457$$

- **Maka $As_{perlu} = \rho \times b \times d$**

$$As_{perlu} = 0,0016457 \times 1000 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$$

$$As_{perlu} = 57,601 \text{ mm}^2$$

- **Coba direncanakan dengan Tulangan Ø6-200**

$$As = 28,26 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = 5 \text{ Buah}$$

$$As_{pakai} = 141,3 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol kebutuhan tulangan**

$$As_{pakai} \geq As_{perlu}$$

$$141,3 \text{ mm}^2 \geq 57,601 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S = \frac{1000}{5 \text{ Buah}} = 200 \text{ mm}$$

- **Cek syarat minimum tulangan :**

$$As_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w d$$

$$= \frac{0,25 \sqrt{29,05}}{400} \times 1000 \times 35 = 117,922 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d$$

$$= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 35 = 122,5 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$As_{pakai} > As_{min}$$

$$141,3 \text{ mm}^2 > 122,5 \text{ mm}^2 (\text{Memenuhi}) \text{ pakai } \text{Ø6-200}$$

4.3.1.5.2 Penulangan Pracetak Sebelum Komposit

Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan SNI 03-2847-2013 pada penulangan lentur pelat precast hanya pada arah X (arah panjang pelat) sedangkan pada arah Y (arah pendek pelat) merupakan tulangan pembagi.

- **Penulangan Arah X**

Berdasarkan SNI beton 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c lebih kecil dari pada atau sama dengan 30 Mpa. Untuk beton dengan nilai kuat tekan di atas 30 Mpa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 Mpa diatas 30 Mpa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65, maka :

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (karena } f'_c = 29,05 \text{ Mpa)}$$

$$W_u = 506 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \frac{1}{16} \times W_u \times Lx^2 \\ &= \frac{1}{16} \times 506 \text{ kg/m}^2 \times (1,9\text{m})^2 \\ &= 114,076 \text{ kgm} \\ &= 1140760 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= h - \text{Beton Decking} - \text{Diameter Tulangan}/2 \\ &= 70\text{mm} - 20\text{mm} - (10\text{mm}/2) \\ &= 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \times b \times d_x^2} = \frac{1140760 \text{ Nmm}}{0,8 \times 1000\text{mm} \times (45\text{mm})^2} = 0,663$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2} = 16,199$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ N/mm}^2} \right) = 0,031 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,031 = 0,024$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{16,199} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 16,199 \times \left(0,663 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\ &= 0,00168 \end{aligned}$$

• **Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,00168 < 0,024 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Maka ditambah dengan 30 % dari ρ

- **Maka** $As \text{ perlu} = \rho \times b \times d$
 $As \text{ perlu} = 0,00218 \times 1000 \text{ mm} \times 45 \text{ mm}$
 $As \text{ perlu} = 98,264 \text{ mm}^2$
- **Coba direncanakan dengan Tulangan Ø6-150**
 $As = 28,26 \text{ mm}^2$
Jumlah tulangan = 6 Buah
 $As \text{ pakai} = 169,56 \text{ mm}^2$
- **Kontrol kebutuhan tulangan**
 $As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu}$
 $169,56 \text{ mm}^2 \geq 98,264 \text{ mm}^2$
- **Kontrol jarak spasi tulangan:**
 $S = \frac{1000}{6 \text{ Buah}} = 16,66 \text{ mm}$ dipakai jarak 15 cm
- **Cek syarat minimum tulangan :**

$$\begin{aligned} As \text{ min} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{29,05}}{400} \times 1000 \times 45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 151,614 \text{ mm}^2 \\
 \text{As min} &= \frac{1,4}{f_y} b_w d \\
 &= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 45 \\
 &= 157,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka :

As pakai > As min

$169,56 \text{ mm}^2 > 157,5 \text{ mm}^2$ (*Memenuhi*) pakai Ø6-150

- **Penulangan Arah Y**

Berdasarkan SNI beton 03-2847-2013 pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 400 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum (ρ) = 0,018

- **Maka** $\text{As perlu} = \rho \times b \times d_y$
 $\text{As perlu} = 0,018 \times 1000 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$
 $\text{As perlu} = 63 \text{ mm}^2$
- **Coba direncanakan dengan Tulangan Ø6-250**
 $\text{As} = 28,26 \text{ mm}^2$
 Jumlah tulangan = 4 Buah
 $\text{As pakai} = 113,04 \text{ mm}^2$
- **Kontrol kebutuhan tulangan**
 $\text{As pakai} \geq \text{As perlu}$
 $113,04 \text{ mm}^2 \geq 63 \text{ mm}^2$
- **Kontrol jarak spasi tulangan:**
 $S = \frac{1000}{4 \text{ Buah}} = 250 \text{ mm}$
(Memenuhi) pakai Ø6-250

4.3.1.5.3 Penulangan Pracetak Sesudah Komposit

Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan SNI 03-2847-2013 pada penulangan lentur pelat precast hanya pada arah X (arah pendek pelat) sedangkan pada arah Y (arah panjang pelat) merupakan tulangan pembagi.

- **Penulangan Arah X**

Berdasarkan SNI beton 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c lebih kecil dari pada atau sama dengan 30 Mpa. Untuk beton dengan nilai kuat tekan di atas 30 Mpa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 Mpa diatas 30 Mpa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65, maka :

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (karena } f'_c = 29,05 \text{ Mpa)}$$

$$W_u = 885 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{+(lap)} &= \frac{1}{16} \times W_u \times Lx^2 \\ &= \frac{1}{16} \times 885 \text{ kg/m}^2 \times (1,9\text{m})^2 \\ &= 199,633 \text{ kgm} \\ &= 1996330 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{-(lap)} &= \frac{1}{10} \times W_u \times Lx^2 \\ &= \frac{1}{16} \times 885 \text{ kg/m}^2 \times (1,9\text{m})^2 \\ &= 319,413 \text{ kgm} \\ &= 3194128 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena penulangan utama pelat pada tumpuan (-) sama dengan pada lapangan (+), maka diambil momen yang paling kritis yaitu $M(-)_{Tumpuan} = 3194128 \text{ Nmm}$.

$$\begin{aligned} dx &= h - \text{Beton Decking} - \text{Diameter Tulangan}/2 \\ &= 120\text{mm} - 20\text{mm} - (10\text{mm}/2) \\ &= 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{\phi \times b \times d_x^2} = \frac{3194128 \text{ Nmm}}{0,85 \times 1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,416 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2} = 16,199 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c' \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2 \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ N/mm}^2} \right)}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,031 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,031 = 0,024 \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\
 &= \frac{1}{16,199} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 16,199 \times \left(3,88 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\
 &= 0,01061
 \end{aligned}$$

- **Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,01061 < 0,024 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

maka diperbesar 30 %

- **Maka** $As \text{ perlu} = \rho \times b \times d$
 $As \text{ perlu} = 0,0136 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$
 $As \text{ perlu} = 129,66 \text{ mm}^2$
- **Coba direncanakan dengan Tulangan Ø8-125**
 $As = 50,24 \text{ mm}^2$
Jumlah tulangan = 8 Buah
 $As \text{ pakai} = 401,92 \text{ mm}^2$
- **Kontrol kebutuhan tulangan**
 $As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu}$
 $401,92 \text{ mm}^2 \geq 129,66 \text{ mm}^2$
- **Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S = \frac{1000}{8 \text{ Buah}} = 125 \text{ mm}$$

- **Cek syarat minimum tulangan :**

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{29,05}}{400} \times 1000 \times 95 \\ &= 320,02 \text{ mm}^2 \\ \text{As min} &= \frac{1,4}{f_y} b_w d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 45 \\ &= 332,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

As pakai > As min

$401,92 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2$ (*Memenuhi*) pakai **Ø8-125**

- **Penulangan Arah Y**

Berdasarkan SNI beton 03-2847-2013 pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 400 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum (ρ) = 0,018

- **Maka** $As \text{ perlu} = \rho \times b \times d_y$
 $As \text{ perlu} = 0,018 \times 1000 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$
 $As \text{ peru} = 63 \text{ mm}^2$

- **Coba direncanakan dengan Tulangan **Ø8-125****

$$\begin{aligned} \text{As} &= 50,24 \text{ mm}^2 \\ \text{Jumlah tulangan} &= 8 \text{ Buah} \\ \text{As pakai} &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- **Kontrol kebutuhan tulangan**

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &\geq \text{As perlu} \\ 401,92 \text{ mm}^2 &\geq 63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- **Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S = \frac{1000}{8 \text{ Buah}} = 125 \text{ mm}$$

(Memenuhi) pakai Ø8-125

Tabel 4. 8 : Rekapitulasi Penulangan Pelat 1 Arah

No	Kondisi	Arah	As Perlu	As Pasang	Tulangan
			mm	mm	
1	Saat Pengangkatan	X	157,50	169,56	Ø6-150
		Y	122,50	141,30	Ø6-200
2	Saat Sebelum Komposit	X	157,50	169,56	Ø6-150
		Y	63,00	113,04	Ø6-250
3	Saat Sesudah Komposit	X	332,50	401,92	Ø8-125
		Y	63,00	401,92	Ø8-125

Setelah dilakukannya perhitungan penulangan pelat 1 arah dengan 3 kondisi maka yang digunakan pada lapangan adalah pada kondisi **saat sesudah komposit** dengan tulangan arah **X Ø8-125** dan tulangan arah **Y Ø8-125**.

1.3.1.5.4 Penulangan Tulangan Penyaluran Pelat 1 Arah

Menurut SNI 2847:2013 Ps.21.7.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan dalam kondisi tarik lurus pada beton normal yaitu nilai terbesar dari tiga persamaan berikut ini:

1. $L_{dh} = \frac{F_y \times db}{5,4 \times \sqrt{F_c}} = \frac{400 \times 10}{5,4 \times \sqrt{29,05}} = 138 \text{ mm}$
2. $L_{dh} > 150 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
3. $L_{dh} > 8 \times db = 8 \times 10 = 80 \text{ mm}$

Sehingga, diambil nilai terbesar yaitu 150 mm

1.3.1.5.5 Penulangan Tulangan Angkat dan Strand

- **Pembebanan**

Beban mati :

- Berat Pelat Pracetak : 1851 kg/m
- Berat Stud + Tulangan Angkat : 185 kg/m

Beban Hidup

- Beban hidup 1 orang (1,6 x 250 kg) : 400 kg

- **Menghitung Tulangan Angkat**

- Beban Ultimate yang diangkat : 2436 kg
- Beban yang diterima 1 titik angkat : 429 kg (8 titik angkat)

Sesuai PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete, fig. 8.3.4 Terdapat 8 Titik angkat dan terdapat pengangkatan sebesar 45 derajat, sehingga harus dikalikan faktor $F = 1,41$.

Menurut SNI 2847-2013 pasal 10.6.4 untuk tegangan ijin dasar pada baja (f_s) diambil sebesar $2/3 f_y$. $F_y = 400 \text{ Mpa}$.

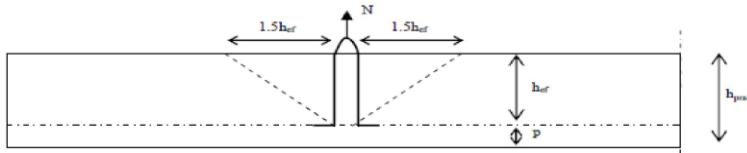
$$F_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \times 400 \text{ Mpa} = 266,7 \text{ Mpa} = 2667 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{429 \text{ kg}}{2667 \text{ kg/cm}^2} = 0,161 \text{ cm}^2$$

Maka dipakai dengan tulangan D-10 $A_s : 0,79 \text{ cm}^2$ (**OK**)

Menurut SNI 2847:2013 Lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik ($k_c = 10$, angkur cor didalam) maka,

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{k_c \sqrt{f'c}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2235}{10 \sqrt{40}}\right)^2} = 50 \text{ mm}$$



Gambar 4. 12 : Pengangkuran Tulangan Angkat Pelat Pracetak

Menurut PCI precast and Prestressed Concrete 7th figure 6.5.1 panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari

$$de = \frac{hef}{\tan 35} = \frac{50}{\tan 35} = 71 \text{ mm}$$

$$de = 1,5 \text{ hef} = 1,5 \times 50 = 75 \text{ mm}$$

Maka yang dipakai adalah keadalaman 60 mm

- **Menghitung Kebutuhan Strand**

P = 429 kg (beban 1 titik angkat)

Berdasarkan *PCI Handbook 7th Edition and Prestressed Concrete* tabel *design aid 15.3.1 material properties prestressing strand and wire*, maka digunakan *seven wire* dengan spesifikasi seperti dibawah ini :

$$\text{Diameter} = \frac{1}{4} \text{ in} = 6,35 \text{ mm}$$

$$F_{pu} = 250 \text{ ksi} = 1724 \text{ Mpa}$$

$$A = 0,036 \text{ in} = 23,36 \text{ mm}^2$$

$$F_{strand} = 1724 \times 23,36 = 4003,8 \text{ kg}$$

Maka gaya yang dipikul 1 strand = $4003,8/8 = 500,47 \text{ kg}$

Kontrol : $P < F_{strand}$

$$: 429 \text{ kg} < 500,47 \text{ kg} \text{ (Memenuhi)}$$

Maka:

$$\text{seven wire strand diameter} = \frac{1}{4} \text{ in} \text{ (} F_{pu} = 250 \text{ ksi) (OK)}$$

1.3.1.5.6 Kontrol Lendutan Pelat 1 Arah

Data Perencanaan

Panjang Balok (L)	: 5,8 m
Berat Sendiri (W)	: 547,2 kg/cm
E	: 80107,1 kg/cm ²
I	: 0,02736 m ⁴

Maka :

$$\Delta \text{ Ijin} = \frac{L}{360} = \frac{5800}{360} = 16,1 \text{ mm}$$

$$\Delta = \frac{5 \times 1 \times L^4}{384 \times E \times I} = \frac{193512,1}{841624,3} = 2,3 \text{ mm (OK)}$$

1.3.1.5.7 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan

Penumpukan pelat pracetak dilokasi stok pelat pracetak dilakukan dengan 2 tumpuan pada saat umur 3 hari, sehingga diasumsikan usia beton menurut peraturan beton bertulang 1971 adalah :

$$F_{ci} = 13,363 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 0,7 \times (\sqrt{13,363 \text{ Mpa}}) = 26 \text{ kg/cm}^2$$

- **Berat Pelat per meter panjang :**

$$Q_d = 1,2 (a \times t \times 2400) = 383 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times 250 \text{ kg (pekerja)} = 400 \text{ kg}$$

- **Momen Tahanan**

$$W = 1/6 \times a \times t^2 = 1551,7 \text{ cm}^3$$

- **Panjang Tumpuan**

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 3,7 \text{ m} = 1,85 \text{ m}$$



- **Perhitungan Momen**

$$\begin{aligned} M.lap &= \left(\frac{1}{10} \times Qd \times L^2\right) + (0,25 \times Pu \times L) \\ &= \left(\frac{1}{10} \times 383 \times 1,45^2\right) + (0,25 \times 400 \times 1,45) \\ &= 225,53 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } M.lap &= 225,53 \times 1,5 \\ &= 338,301 \text{ kgm} \\ &= 33830,1 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M.tump &= \left(\frac{1}{8} \times Qd \times L^2\right) \\ &= \left(\frac{1}{8} \times 383 \times 1,45^2\right) \\ &= 100,67 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } M.tump &= 100,67 \times 1,5 \\ &= 151,002 \text{ kgm} \\ &= 15100,2 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

- **Kontrol Tegangan**

$$\sigma x = \frac{M.lap}{W} = \frac{33830,1}{1551,7} = 21,8 \text{ kg/cm}^2 < \text{fr } (26 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

$$\sigma y = \frac{M.tump}{W} = \frac{15100,2}{1551,7} = 9,73 \text{ kg/cm}^2 < \text{fr } (26 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

- **Kontrol Jumlah Penumpukan**

Untuk penumpukan digunakan penyangga dari balok kayu 5/10

Maka :

$$\text{Luas bidang kontak, } A = 0,05 \times 3 \text{ balok kayu} = 0,15 \text{ m}^2$$

$$P = 1,2 (0,07 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1,9 \text{ m} \times 5,8 \text{ m}) + 1,6 (200 \text{ kg})$$

$$P = 3573,76 \text{ Kg}$$

$$P = 35738 \text{ N}$$

Maka :

$$F = \frac{P}{A} = \frac{35738 \text{ N}}{150000 \text{ mm}^2} = 0,24 \text{ Mpa}$$

Sehingga untuk jumlah penumpukan adalah

$$N = \frac{Fr}{F \times SF} = \frac{2,6}{0,24 \times 3} = 3,6 \sim \mathbf{3 \text{ Tumpukan Pelat}}$$

4.2.1.5.8 Kontrol Tegangan Saat Pengangkatan

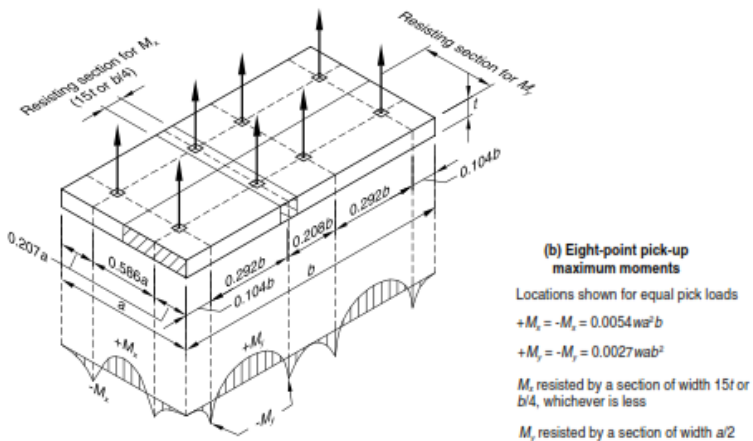
Pelat pracetak 1 arah menggunakan 8 titik angkat yang dilakukan pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah :

$$f_{ci} \text{ (3 hari)} = 0,46 \times 29,05 \text{ Mpa} = 13,4 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,7 \times (\sqrt{13,363 \text{ Mpa}}) = 26 \text{ kg/cm}^2$$

Pada saat pengangkatan ditambahkan koefisien beban 1,2 sehingga untuk berat sendiri pelat adalah :

$$\begin{aligned} W &= \text{Berat Precast} \times \text{koefisien} \\ &= 168 \text{ kg/m}^2 \times 1,2 \\ &= 201,6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$



Gambar 4. 13 : Model 8 Titik Pengangkatan Pelat Pracetak

- **Perhitungan Momen**

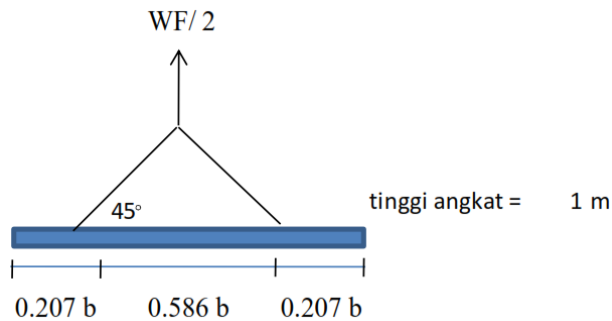
$$\begin{aligned} M_x &= 0,0054 \times W \times a^2 \times b \\ &= 0,0054 \times 201,6 \text{ kg/m}^2 \times (1,9\text{m})^2 \times 5,8 \text{ m} \\ &= 22,79 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= 0.0027 \times W \times a \times b^2 \\
 &= 0.0027 \times 201,6 \text{ kg/m}^2 \times 1,9\text{m} \times (5,8\text{m})^2 \\
 &= 34,79 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- **Tegangan arah X (pendek)**

$$M_x = 22,79 \text{ kgm}$$

Momen tambahan akibat sudut pengangkatan (45°)



$$\begin{aligned}
 Y_c &= 0,5 \times \text{tebal pelat} \\
 &= 0,5 \times 0,07 \text{ m} \\
 &= 0,035 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x' &= \frac{P \times y_c}{\tan 45} = \frac{(w \times a \times b) \times y_c}{\tan 45} = \frac{(201,6 \times 1,9 \times 5,8) \times 0,035}{\tan 45} \\
 &= 56,45 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

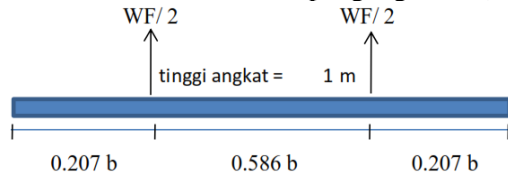
$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$\begin{aligned}
 M_x \text{ Total} &= 1,5 (M_x + M_x') \\
 &= 1,5 (22,79 \text{ kgm} + 56,45 \text{ kgm}) \\
 &= 118,86 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- **Tegangan arah Y (panjang)**

$$M_y = 34,79 \text{ kgm}$$

Momen tambahan akibat sudut pengangkatan (45°)



$$Y_c = 0,5 \times \text{tebal pelat}$$

$$= 0,5 \times 0,07 \text{ m}$$

$$= 0,035 \text{ m}$$

$$M_y' = \frac{P \times y_c}{\tan 45} = \frac{(w \times a \times b) \times y_c}{\tan 45} = \frac{(201,6 \times 3,7 \times 2,8) \times 0,035}{\tan 45}$$

$$= 56,45 \text{ kgm}$$

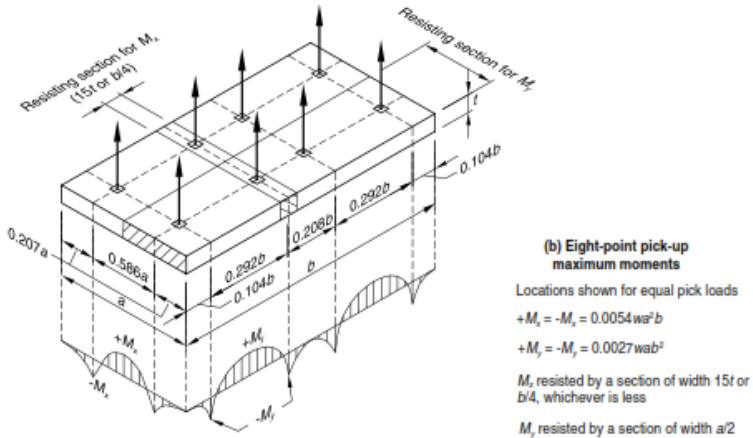
$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_y \text{ Total} = 1,5 (M_y + M_y')$$

$$= 1,5 (34,79 \text{ kgm} + 56,45 \text{ kgm})$$

$$= 136,86 \text{ kgm}$$

- **Kontrol Momen Tahanan**



Sesuai dengan *PCI Design Handbook 7th Precast and Prestressed Concrete* untuk :

- M_x ditahan oleh penampang selebar $15t=105\text{cm}$ atau $b/4=145\text{cm}$
Maka diambil yang terkecil yaitu $15t=105\text{ cm}$

$$W_x = \frac{1}{6} \times 15t \times t^2 = \frac{1}{6} \times 105 \times 7^2 = 857,5 \text{ cm}^3$$

- M_y ditahan oleh penampang selebar $a/2 = 140\text{ cm}$

$$W_y = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times t^2 = \frac{1}{6} \times 95 \times 7^2 = 776 \text{ cm}^3$$

Maka :

$$\sigma_x = \frac{M_x \cdot \text{total}}{W_x} = \frac{11886}{857,5} = 13,86 \text{ kg/cm}^2 < f_r (26 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

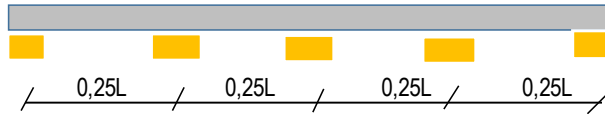
$$\sigma_y = \frac{M_y \cdot \text{total}}{W_y} = \frac{13686}{776} = 17,64 \text{ kg/cm}^2 < f_r (26 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

4.2.1.5.9 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan

Pemasangan pelat pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari, asumsi 3 tumpuan (ditengah dengan skafolding).

$$F_{ci} = 0,65 \times F_{c'} = 0,65 \times 29,05 \text{ Mpa} = 18,9 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 f_r &= 0,7 \times \sqrt{18,9} = 3 \text{ Mpa} &= 30 \text{ kg/cm}^2 \\
 Q_d &= 1,2 \times (a \times t \times 2400 \text{ kg/m}^3) &= 383 \text{ kg/m} \\
 P_u &= 1,6 \times (200 \text{ kg}) &= 320 \text{ kg} \\
 W &= 1/6 \times a \times t^2 = 1/6 \times 1,9 \times 0,07^2 &= 1551,7 \text{ cm}^3 \\
 L &= 5,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$



- **Momen Tahanan**

$$\begin{aligned}
 M_l &= (1/10 \times Q_d \times L^2) + (0,25 \times P_u \times L) \\
 &= (1/10 \times 383 \times (1,45)^2) + (0,25 \times 400 \times (1,45)) \\
 &= 225,53 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Faktor kejut = 1,5

$$\begin{aligned}
 M_l' &= 1,5 \times 225,53 \text{ kgm} \\
 &= 338,301 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_t &= 1/8 \times Q_d \times L^2 \\
 &= (1/8 \times 383 \times (1,45)^2) \\
 &= 100,67 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Faktor kejut = 1,5

$$\begin{aligned}
 M_t' &= 1,5 \times 100,67 \text{ kgm} \\
 &= 151,002 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- **Kontrol Tegangan**

$$\sigma_x = \frac{M_l'}{W} = \frac{33830}{1551,7} = 21,8 \text{ kg/cm}^2 < f_r (30 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

$$\sigma_y = \frac{M_t'}{W} = \frac{15100}{1551,7} = 9,73 \text{ kg/cm}^2 < f_r (30 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

4.2.1.5.10 Kontrol Tegangan Saat Pengecoran

Pengecoran pelat pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah :

$$\begin{aligned}
 f_{ci} &= 0,65 \times f_{c'} = 0,65 \times 29,05 \text{ Mpa} = 18,9 \text{ Mpa} \\
 f_r &= 0,7 \times \sqrt{18,9} = 3 \text{ Mpa} &= 30 \text{ kg/cm}^2 \\
 Q_d &= 1,2 \times (a \times t \times 2400 \text{ kg/m}^3) &= 656,6 \text{ kg/m} \\
 P_u &= 1,6 \times (200 \text{ kg}) &= 400 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$W = 1/6 \times a \times t^2 = 1/6 \times 1,9 \times 0,12^2 = 4560 \text{ cm}^3$$

$$L = 3,7 \text{ m}$$



- **Momen Tahanan**

$$\begin{aligned} Ml &= (1/10 \times Qd \times L^2) + (0,25 \times Pu \times L) \\ &= (1/10 \times 656,6 \times (2,9)^2) + (0,25 \times 400 \times (2,9)) \\ &= 842,234 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$\begin{aligned} Ml' &= 1,5 \times 842,234 \text{ kgm} \\ &= 1263,35 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mt &= 1/8 \times Qd \times L^2 \\ &= (1/8 \times 656,6 \times (2,9)^2) \\ &= 690,29 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$\begin{aligned} Mt' &= 1,5 \times 690,29 \text{ kgm} \\ &= 1035,44 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- **Kontrol Tegangan**

$$\sigma_x = \frac{Ml'}{W} = \frac{126335}{4560} = 27,71 \text{ kg/cm}^2 < f_r (30 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

$$\sigma_y = \frac{Mt'}{W} = \frac{103544}{4560} = 22,71 \text{ kg/cm}^2 < f_r (30 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

4.2.1.5.11 Rekap Penulangan Pelat 1 Arah

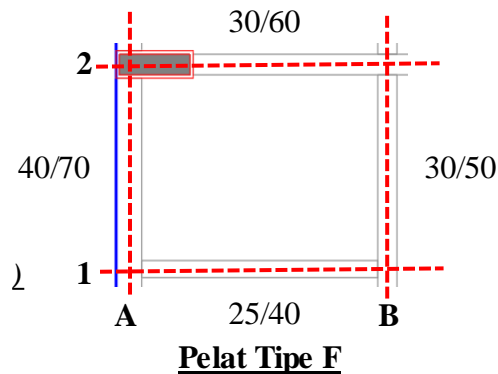
Tabel 4. 9 : Rekap Penulangan Pelat 1 Arah

No	Kondisi	Arah	As Perlu	As Pasang	Tulangan
			mm	mm	
1	Saat Pengangkatan	X	157,50	169,56	Ø6-150
		Y	122,50	141,30	Ø6-200
2	Saat Sebelum Komposit	X	157,50	169,56	Ø6-150
		Y	63,00	113,04	Ø6-250
3	Saat Sesudah Komposit	X	332,50	401,92	Ø8-125
		Y	270,00	401,92	Ø8-125

Setelah dilakukannya perhitungan penulangan pelat 1 arah dengan 3 kondisi maka yang digunakan pada lapangan adalah pada kondisi **saat sesudah komposit** dengan tulangan arah **X D8-125** dan tulangan arah **Y D8-125**.

4.2.1.6 Perhitungan Tulangan Pelat 2 Arah

Perhitungan tulangan pelat 2 arah ini akan direncanakan dengan mempertimbangkan 3 kondisi yaitu pada kondisi pertama penulangan saat pengangkatan, penulangan saat sebelum komposit, dan penulangan saat sesudah komposit. Kemudian dari 3 kondisi yang ditinjau akan dipilih tulangan yang layak untuk digunakan pada ketiga keadaan tersebut. Untuk perencanaan pelat 2 arah diambil sampel 1 tipe pelat dan disamakan untuk tulangan untuk memudahkan pelaksanaan. Perhitungan pelat 2 arah yang ditinjau pada **tipe pelat F** dengan dimensi **280 cm x 370 cm** yang dianggap mewakili perhitungan pelat lainnya.

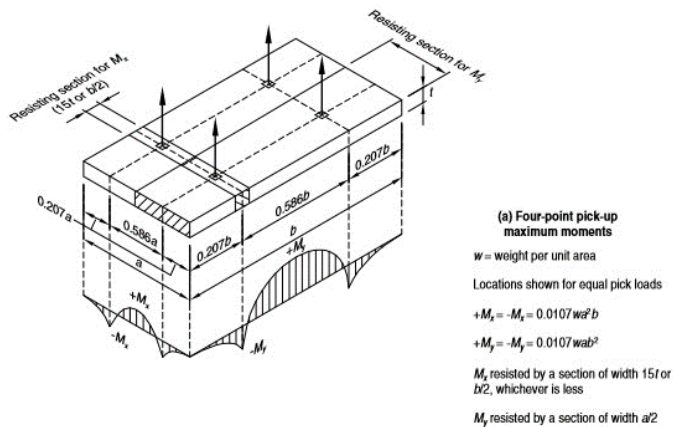


Gambar 4. 14 : Pelat tipe F (280 cm x 370 cm)

Dimana dalam menganalisa gaya dalam yang terjadi pada pelat menggunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBBI 1971) pasal 13.3 tabel 13.3(1).

4.3.1.5.1 Penulangan Sebelum Komposit Akibat Pengangkatan

Pengangkatan adalah proses saat instalasi pelat pracetak (*erection*). Besarnya momen dan pengaturan jarak tulangan angkat sesuai dengan buku “*PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete*” seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini dimana momen daerah tumpuan sama dengan momen daerah lapangan karena pada tipe pelat dua arah ini menggunakan 4 titik angkat yaitu :



Gambar 4. 15 : Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)
(Sumber : *PCI Design Handbook 7th Precast and Prestressed*)

$$M_x = 0,0107 \times W \times a^2 \times b$$

$$M_y = 0,0107 \times W \times a \times b^2$$

Pada pelat tipe F : 280 cm x 370 cm ($L_x = 280$ cm, $L_y = 370$ cm)

Ditentukan untuk $a = 280$ cm dan $b = 370$ cm

Dengan $W = 1,2 \times (DL) = 1,2 \times 252 \text{ kg/m} = 302 \text{ kg/m}$

Maka :

$$M_x = 0,0107 \times 302 \text{ kg/m} \times (2,8 \text{ m})^2 \times 3,7 \text{ m} = 93,86 \text{ kgm}$$

$$M_y = 0,0107 \times 302 \text{ kg/m} \times 2,8 \text{ m} \times (3,7 \text{ m})^2 = 124,03 \text{ kgm}$$

- **Penulangan Arah X**

Berdasarkan SNI beton 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c lebih kecil dari pada atau sama dengan 30 Mpa. Untuk beton dengan nilai kuat tekan di atas 30 Mpa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 Mpa diatas 30 Mpa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65, maka :

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (karena } f'_c = 29,05 \text{ Mpa)}$$

$$M_{ux} = 93,86 \text{ kgm}$$

$$= 938606 \text{ Nmm}^2$$

$$d_x = h - \text{Beton Decking} - \text{Diameter Tulangan}/2$$

$$= 70\text{mm} - 20\text{mm} - (10\text{mm}/2)$$

$$= 45 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d_x^2} = \frac{938606,054 \text{ Nmm}}{0,8 \times 1000\text{mm} \times (45\text{mm})^2} = 0,5794$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2} = 16,199$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ N/mm}^2} \right) = 0,031 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,031 = 0,024$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{16,199} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 16,199 \times (0,5794 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2})}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\ &= 0,00147 \end{aligned}$$

- **Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,00147 < 0,024 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho =$ ditambah 30% dari ρ (SNI 2847:2013, pasal 10.5.3)

- **Sehingga $\rho = 1,3 \times \rho$**

$$\rho = 1,3 \times 0,00147$$

$$\rho = 0,00191$$

- **Maka $As_{perlu} = \rho \times b \times d$**
 $As_{perlu} = 0,00191 \times 1000 \text{ mm} \times 45 \text{ mm}$
 $As_{perlu} = 85,753 \text{ mm}^2$

- **Coba direncanakan dengan Tulangan Ø8-250**

$$As = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = 4 \text{ Buah}$$

$$As \text{ pakai} = 200,96 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol kebutuhan tulangan**

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu}$$

$$200,96 \text{ mm}^2 \geq 85,75 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S = \frac{1000}{4 \text{ Buah}} = 250 \text{ mm}$$

- **Cek syarat minimum tulangan :**

$$As_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{29,05}}{400} \times 1000 \times 45$$

$$= 151,614 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 45$$

$$= 157,5 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$As \text{ pakai} > As_{min}$$

$$200,96 \text{ mm}^2 > 157,5 \text{ mm}^2 (\text{Memenuhi}) \text{ pakai } \underline{\underline{\text{Ø8-250}}}$$

- **Penulangan Arah Y**

Berdasarkan SNI beton 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c lebih kecil dari pada atau sama dengan 30 Mpa. Untuk beton dengan nilai kuat tekan di atas 30 Mpa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 Mpa diatas 30 Mpa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65, maka :

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (karena } f'_c = 29,05 \text{ Mpa)}$$

$$M_{uy} = 124,03 \text{ kgm}$$

$$= 1240301 \text{ Nmm}^2$$

$$d_y = h - \text{Beton Decking} - \text{Diameter tulangan} - \text{Diameter Tulangan}/2$$

$$= 70\text{mm} - 20\text{mm} - 10\text{mm} - (10\text{mm}/2)$$

$$= 35 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \times b \times d_x^2} = \frac{1240301 \text{ Nmm}}{0,8 \times 1000\text{mm} \times (35\text{mm})^2} = 1,19$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2} = 16,199$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2 \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ N/mm}^2} \right)}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,031 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,031 = 0,024$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{16,199} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 16,199 \times \left(\frac{1,19 \text{ N}}{\text{mm}^2} \right)}{400 \text{ N/mm}^2} \right)} \right) \\ &= 0,00305 \end{aligned}$$

- **Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,00305 < 0,024 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Karena $\rho_{min} > \rho$, maka $\rho =$ ditambah 30% dari ρ (SNI 2847:2013, pasal 10.5.3)

- Sehingga $\rho = 1,3 \times \rho$

$$\rho = 1,3 \times 0,00305$$

$$\rho = 0,00397$$

- **Maka** $As_{perlu} = \rho \times b \times d$
 $As_{perlu} = 0,00397 \times 1000 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$
 $As_{perlu} = 138,931 \text{ mm}^2$

- **Coba direncanakan dengan Tulangan Ø6-200**

$$As = 28,26 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = 5 \text{ Buah}$$

$$As_{pakai} = 141,3 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol kebutuhan tulangan**

$$As_{pakai} \geq As_{perlu}$$

$$141,3 \text{ mm}^2 \geq 138,931 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S = \frac{1000}{5 \text{ Buah}} = 200 \text{ mm}$$

- **Cek syarat minimum tulangan :**

$$As_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{29,05}}{400} \times 1000 \times 35$$

$$= 117,92 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w d = \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 35$$

$$= 122,5 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$As_{pakai} > As_{min}$$

$$141,3 \text{ mm}^2 > 122,5 \text{ mm}^2 (\text{Memenuhi}) \text{ pakai } \underline{\underline{\text{Ø6-200}}}$$

4.3.1.5.2 Penulangan Pracetak Sebelum Komposit

Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan SNI 03-2847-2013 pada penulangan lentur pelat precast hanya pada arah X (arah panjang pelat) sedangkan pada arah Y (arah pendek pelat) merupakan tulangan pembagi.

- **Penulangan Arah X**

Berdasarkan SNI beton 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c lebih kecil dari pada atau sama dengan 30 Mpa. Untuk beton dengan nilai kuat tekan di atas 30 Mpa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 Mpa diatas 30 Mpa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65, maka :

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (karena } f'_c = 29,05 \text{ Mpa)}$$

$$W_u = 506 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \frac{1}{16} \times W_u \times Lx^2 \\ &= \frac{1}{16} \times 506 \text{ kg/m}^2 \times (2,8\text{m})^2 \\ &= 247,744 \text{ kgm} \\ &= 2477440 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= h - \text{Beton Decking} - \text{Diameter Tulangan}/2 \\ &= 70\text{mm} - 20\text{mm} - (10\text{mm}/2) \\ &= 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \times b \times d_x^2} = \frac{2477440 \text{ Nmm}}{0,8 \times 1000\text{mm} \times (45\text{mm})^2} = 1,44$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2} = 16,199$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ N/mm}^2} \right) = 0,031 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,031 = 0,024$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\ &= \frac{1}{16,199} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 16,199 \times \left(1,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\ &= 0,00371 \end{aligned}$$

- **Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,00371 < 0,024 \quad (\text{Memenuhi})$$

- **Maka** $As \text{ perlu} = \rho \times b \times d$

$$As \text{ perlu} = 0,00371 \times 1000 \text{ mm} \times 45 \text{ mm}$$

$$As \text{ perlu} = 166,94 \text{ mm}^2$$

- **Coba direncanakan dengan Tulangan Ø8-250**

$$As = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan} = 4 \text{ Buah}$$

$$As \text{ pakai} = 200,96 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol kebutuhan tulangan**

$$As \text{ pakai} \geq As \text{ perlu}$$

$$200,96 \text{ mm}^2 \geq 166,94 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S = \frac{1000}{4 \text{ Buah}} = 25 \text{ mm}$$

- **Cek syarat minimum tulangan :**

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{29,05}}{400} \times 1000 \times 45 \\ &= 140,63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \frac{1,4}{f_y} b_w d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 45 \\ &= 157,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

As pakai > As min

$200,96 \text{ mm}^2 > 157,5 \text{ mm}^2$ (**Memenuhi**) pakai **Ø8-250**

- **Penulangan Arah Y**

Berdasarkan SNI beton 03-2847-2013 pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 400 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum (ρ) = 0,018

- **Maka** $\text{As perlu} = \rho \times b \times d_y$
 $\text{As perlu} = 0,018 \times 1000 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$
 $\text{As perlu} = 63 \text{ mm}^2$
- **Coba direncanakan dengan Tulangan Ø6-250**
 $\text{As} = 28,26 \text{ mm}^2$
 Jumlah tulangan = 4 Buah
 $\text{As pakai} = 113,04 \text{ mm}^2$
- **Kontrol kebutuhan tulangan**
 $\text{As pakai} \geq \text{As perlu}$
 $113,04 \text{ mm}^2 \geq 63 \text{ mm}^2$
- **Kontrol jarak spasi tulangan:**
 $S = \frac{1000}{4 \text{ Buah}} = 250 \text{ mm}$
(Memenuhi) pakai **Ø6-250**

4.3.1.5.3 Penulangan Pracetak Sesudah Komposit

Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan SNI 03-2847-2013 pada penulangan lentur pelat precast hanya pada arah X (arah pendek pelat) sedangkan pada arah Y (arah panjang pelat) merupakan tulangan pembagi.

- **Penulangan Arah X**

Berdasarkan SNI beton 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c lebih kecil dari pada atau sama dengan 30 Mpa. Untuk beton dengan nilai kuat tekan di atas 30 Mpa, β_1 harus direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan 7 Mpa diatas 30 Mpa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65, maka :

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (karena } f'_c = 29,05 \text{ Mpa)}$$

$$W_u = 885 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{+(lap)} &= \frac{1}{16} \times W_u \times Lx^2 \\ &= \frac{1}{16} \times 885 \text{ kg/m}^2 \times (2,8 \text{ m})^2 \\ &= 433,552 \text{ kgm} \\ &= 4335520 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{-(lap)} &= \frac{1}{10} \times W_u \times Lx^2 \\ &= \frac{1}{16} \times 885 \text{ kg/m}^2 \times (2,8 \text{ m})^2 \\ &= 693,6832 \text{ kgm} \\ &= 6936832 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena penulangan utama pelat pada tumpuan (-) sama dengan pada lapangan (+), maka diambil momen yang paling kritis yaitu $M_{(-)Tumpuan} = 6936832 \text{ Nmm}$.

$$\begin{aligned} dx &= h - \text{Beton Decking} - \text{Diameter Tulangan}/2 \\ &= 120\text{mm} - 20\text{mm} - (10\text{mm}/2) \\ &= 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{\phi \times b \times d_x^2} = \frac{6936832 \text{ Nmm}}{0,85 \times 1000 \text{ mm} \times (95 \text{ mm})^2} = 0,904 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2} = 16,199 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c' \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 29,05 \text{ N/mm}^2 \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ N/mm}^2} \right)}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,031 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,031 = 0,024 \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ N/mm}^2} = 0,0035 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right) \\
 &= \frac{1}{16,199} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 16,199 \times \left(0,904 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)} \right) \\
 &= 0,0023
 \end{aligned}$$

• **Cek persyaratan:**

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,0023 < 0,024 \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3) sebagai alternative, untuk komponen stuktur besar dan masih luas tulangan yang diperlukan paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan. Maka ρ diperbesar 30%

$$\text{Maka } \rho = 0,0023 \times 1,3 = 0,00299$$

- **Maka** $As \text{ perlu} = \rho \times b \times d$
 $As \text{ perlu} = 0,00299 \times 1000 \text{ mm} \times 95 \text{ mm}$
 $As \text{ perlu} = 284,5 \text{ mm}^2$
- **Coba direncanakan dengan Tulangan Ø8-150**
 $As = 50,24 \text{ mm}^2$
 Jumlah tulangan = 7 Buah
 $As \text{ pakai} = 351,68 \text{ mm}^2$

- **Kontrol kebutuhan tulangan**

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &\geq \text{As perlu} \\ 351,68 \text{ mm}^2 &\geq 284,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- **Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S = \frac{1000}{7 \text{ Buah}} = 150 \text{ mm}$$

- **Cek syarat minimum tulangan :**

$$\begin{aligned} \text{As min} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{29,05}}{400} \times 1000 \times 95 \\ &= 320,02 \text{ mm}^2 \\ \text{As min} &= \frac{1,4}{f_y} b_w d \\ &= \frac{1,4}{400} \times 1000 \times 95 \\ &= 332,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

As pakai > As min

$351,68 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2$ (*Memenuhi*) pakai Ø8-150

- **Penulangan Arah Y**

Berdasarkan SNI beton 03-2847-2013 pasal 7.12.2.1 untuk tulangan mutu 400 Mpa menggunakan rasio tulangan minimum (ρ) = 0,018

- **Maka** $\text{As perlu} = \rho \times b \times d_y$
 $\text{As perlu} = 0,018 \times 1000 \text{ mm} \times 120 \text{ mm}$
 $\text{As perlu} = 216 \text{ mm}^2$

- **Coba direncanakan dengan Tulangan Ø8-200**

$$\begin{aligned} \text{As} &= 50,24 \text{ mm}^2 \\ \text{Jumlah tulangan} &= 4 \text{ Buah} \\ \text{As pakai} &= 251,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- **Kontrol kebutuhan tulangan**

$$\text{As pakai} \geq \text{As perlu}$$

$$251,2 \text{ mm}^2 \geq 216 \text{ mm}^2$$

- **Kontrol jarak spasi tulangan:**

$$S = \frac{1000}{5 \text{ Buah}} = 200 \text{ mm}$$

(Memenuhi) pakai D10-250

No	Kondisi	Arah	As Perlu	As Pasang	Tulangan
			mm	mm	
1	Saat Pengangkatan	X	157,50	200,96	Ø8-250
		Y	122,50	200,96	Ø8-250
2	Saat Sebelum Komposit	X	157,50	200,96	Ø8-250
		Y	157,50	141,30	Ø6-200
3	Saat Sesudah Komposit	X	284,50	351,68	Ø8-150
		Y	216,00	251,20	Ø8-200

Setelah dilakukannya perhitungan penulangan pelat 1 arah dengan 3 kondisi maka yang digunakan pada lapangan adalah pada kondisi **saat sesudah komposit** dengan tulangan arah **X Ø8-150** dan tulangan arah **Y Ø8-200**.

4.3.1.5.4 Penulangan Tulangan Penyaluran Pelat 2 Arah

Menurut SNI 2847:2013 Ps.21.7.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan dalam kondisi tarik lurus pada beton normal yaitu nilai terbesar dari tiga persamaan berikut ini:

$$4. \quad L_{dh} = \frac{F_y \times db}{5,4 \times \sqrt{F_c}} = \frac{400 \times 10}{5,4 \times \sqrt{29,05}} = 138 \text{ mm}$$

$$5. \quad L_{dh} > 150 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$6. \quad L_{dh} > 8 \times db = 8 \times 10 = 80 \text{ mm}$$

Sehingga, diambil nilai terbesar yaitu 150 mm

4.3.1.5.5 Penulangan Tulangan Angkat dan Strand

- **Pembebanan**

Beban mati :

- Berat Pelat Pracetak : 1740 kg/m
- Berat Stud + Tulangan Angkat : 174 kg/m

Beban Hidup

- Beban hidup 1 orang (1,6 x 250 kg) : 400 kg

- **Menghitung Tulangan Angkat**

- Beban Ultimate yang diangkat : 2315 kg
- Beban yang diterima 1 titik angkat : 816 kg (4 titik angkat)

Sesuai PCI Handbook 7th Edition Precast and Prestressed Concrete, fig. 8.3.4 Terdapat 4 Titik angkat dan terdapat pengangkatan sebesar 45 derajat, sehingga harus dikalikan faktor $F = 1,41$.

Menurut SNI 2847-2013 pasal 10.6.4 untuk tegangan ijin dasar pada baja (f_s) diambil sebesar $2/3 f_y$. $F_y = 400 \text{ Mpa}$.

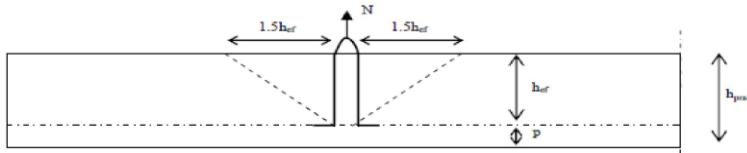
$$F_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} \times 400 \text{ Mpa} = 266,7 \text{ Mpa} = 2667 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{816 \text{ kg}}{2667 \text{ kg/cm}^2} = 0,306 \text{ cm}^2$$

Maka dipakai dengan tulangan D-10 $A_s : 0,79 \text{ cm}^2$ (**OK**)

Menurut SNI 2847:2013 Lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan tarik ($k_c = 10$, angkur cor didalam) maka,

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{k_c \sqrt{f'c}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2235}{10 \sqrt{40}}\right)^2} = 50 \text{ mm}$$



Gambar 4. 16 : Pengukuran Tulangan Angkat Pelat Pracetak

Menurut PCI precast and Prestressed Concrete 7 th figure 6.5.1 panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi saat beton terjadi jebol (breakout) yang terbesar dari

$$de = \frac{hef}{\tan 35} = \frac{50}{\tan 35} = 71 \text{ mm}$$

$$de = 1,5 \text{ hef} = 1,5 \times 50 = 75 \text{ mm}$$

Maka yang dipakai adalah keadalaman 60 mm

- **Menghitung Kebutuhan Strand**

P = 788 kg (beban 1 titik angkat)

Berdasarkan *PCI Handbook 7th Edition and Prestressed Concrete* tabel *design aid 15.3.1 material properties prestressing strand and wire*, maka digunakan *seven wire* dengan spesifikasi seperti dibawah ini :

$$\text{Diameter} = \frac{1}{4} \text{ in} = 6,35 \text{ mm}$$

$$F_{pu} = 250 \text{ ksi} = 1724 \text{ Mpa}$$

$$A = 0,036 \text{ in} = 23,36 \text{ mm}^2$$

$$F_{strand} = 1724 \times 23,36 = 4003,8 \text{ kg}$$

$$\text{Maka gaya yang dipikul 1 strand} = 4003,8/4 = 1000,9 \text{ kg}$$

Kontrol : $P < F_{strand}$

$$: 788 \text{ kg} < 1000,9 \text{ kg} \text{ (Memenuhi)}$$

Maka:

$$\text{seven wire strand diameter} = \frac{1}{4} \text{ in} \text{ (} F_{pu} = 250 \text{ ksi) (OK)}$$

4.3.1.5.6 Kontrol Lendutan Pelat 2 Arah

Data Perencanaan

Panjang Balok (L)	: 3,7 m
Berat Sendiri (W)	: 806,4 kg/cm
E	: 80107,1 kg/cm ²
I	: 0,04032 m ⁴

Maka :

$$\Delta \text{ Ijin} = \frac{L}{360} = \frac{3700}{360} = 10,3 \text{ mm}$$

$$\Delta = \frac{5 \times 1 \times L^4}{384 \times E \times I} = \frac{755661,72}{1240288,4} = 6,09 \text{ mm (OK)}$$

4.3.1.5.7 Kontrol Tegangan Saat Penumpukan

Penumpukan pelat pracetak dilokasi stok pelat pracetak dilakukan dengan 2 tumpuan pada saat umur 3 hari, sehingga diasumsikan usia beton menurut peraturan beton bertulang 1971 adalah :

$$F_{ci} = 13,363 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 0,7 \times (\sqrt{13,363 \text{ Mpa}}) = 26 \text{ kg/cm}^2$$

- **Berat Pelat per meter panjang :**

$$Q_d = 1,2 (a \times t \times 2400) = 564,5 \text{ kg/m}$$

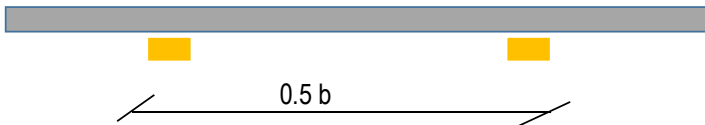
$$P_u = 1,6 \times 250 \text{ kg (pekerja)} = 400 \text{ kg}$$

- **Momen Tahanan**

$$W = 1/6 \times a \times t^2 = 2286,7 \text{ cm}^3$$

- **Panjang Tumpuan**

$$L = 0,5 b = 0,5 \times 3,7 \text{ m} = 1,85 \text{ m}$$



- **Perhitungan Momen**

$$\begin{aligned} M.lap &= \left(\frac{1}{10} \times Qd \times L^2\right) + (0,25 \times Pu \times L) \\ &= \left(\frac{1}{10} \times 564,5 \times 1,85^2\right) + (0,25 \times 400 \times 1,85) \\ &= 378,19 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor kejut} &= 1,5 \\ \text{Maka M.lap} &= 378,19 \times 1,5 \\ &= 567,29 \text{ kgm} \\ &= 56729 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M.tump &= \left(\frac{1}{8} \times Qd \times L^2\right) \\ &= \left(\frac{1}{8} \times 564,5 \times 1,85^2\right) \\ &= 241,49 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor kejut} &= 1,5 \\ \text{Maka M.tump} &= 241,49 \times 1,5 \\ &= 362,24 \text{ kgm} \\ &= 36224 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

- **Kontrol Tegangan**

$$\sigma x = \frac{M.lap}{W} = \frac{56729}{2286,7} = 24,81 \text{ kg/cm}^2 < fr (26 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

$$\sigma y = \frac{M.Tump}{W} = \frac{36224}{2286,7} = 15,84 \text{ kg/cm}^2 < fr (26 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

- **Kontrol Jumlah Penumpukan**

Untuk penumpukan digunakan penyangga dari balok kayu 5/10

Maka :

$$\text{Luas bidang kontak, } A = 0,05 \times 3 \text{ balok kayu} = 0,15 \text{ m}^2$$

$$P = 1,2 (0,07\text{m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2,8 \text{ m} \times 3,7 \text{ m}) + 1,6 (200 \text{ kg})$$

$$P = 2408,576 \text{ Kg}$$

$$P = 24086 \text{ N}$$

Maka :

$$F = \frac{P}{A} = \frac{24086 \text{ N}}{150000 \text{ mm}^2} = 0,16 \text{ Mpa}$$

Sehingga untuk jumlah penumpukan adalah

$$N = \frac{Fr}{F \times SF} = \frac{2,6}{0,16 \times 3} = 5,3 \sim \mathbf{5 \text{ Tumpukan Pelat}}$$

4.3.1.5.8 Kontrol Tegangan Saat Pengangkatan

Pelat pracetak 2 arah menggunakan 4 titik angkat yang dilakukan pada saat umur 3 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah :

$$F_{ci} \text{ (3 hari)} = 0,46 \times 29,05 \text{ Mpa} = 13,4 \text{ Mpa}$$

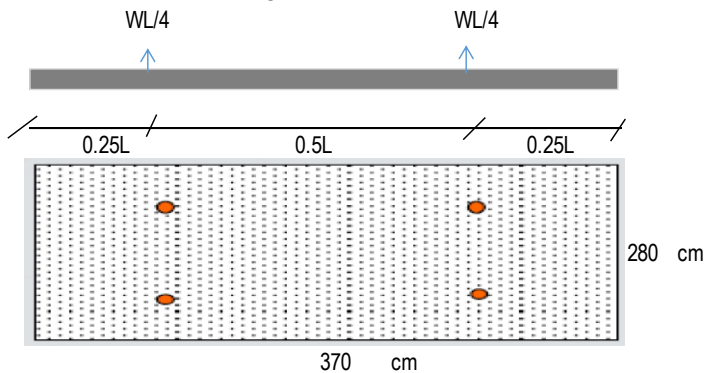
$$F_r = 0,7 \times (\sqrt{13,363 \text{ Mpa}}) = 26 \text{ kg/cm}^2$$

Pada saat pengangkatan ditambahkan koefisien beban 1,2 sehingga untuk berat sendiri pelat adalah :

$$W = \text{Berat Precast} \times \text{koefisien}$$

$$= 168 \text{ kg/m}^2 \times 1,2$$

$$= 201,6 \text{ kg/m}^2$$



Gambar 4. 17 : 4 Titik Pengangkatan Pelat Pracetak 2 Arah

• Perhitungan Momen

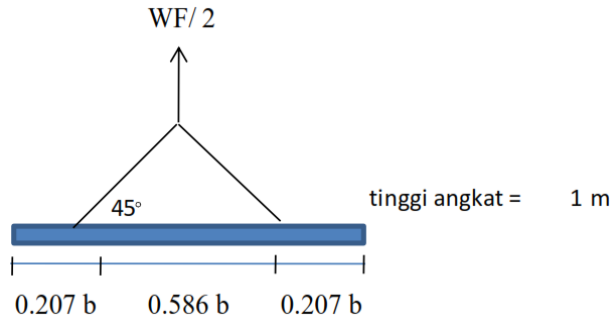
$$\begin{aligned} M_x &= 0.0107 \times W \times a^2 \times b \\ &= 0.0107 \times 201,6 \text{ kg/m}^2 \times (2,8\text{m})^2 \times 3,7 \text{ m} \\ &= 62,57 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= 0.0107 \times W \times a \times b^2 \\ &= 0.0107 \times 201,6 \text{ kg/m}^2 \times 2,8\text{m} \times (3,7\text{m})^2 \\ &= 82,69 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- **Tegangan arah X (pendek)**

$$M_x = 62,57 \text{ kgm}$$

Momen tambahan akibat sudut pengangkatan (45°)



$$\begin{aligned} Y_c &= 0,5 \times \text{tebal pelat} \\ &= 0,5 \times 0,07 \text{ m} \\ &= 0,035 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_x' &= \frac{P \times y_c}{\tan 45} = \frac{(w \times a \times b) \times y_c}{\tan 45} = \frac{(201,6 \times 3,7 \times 2,8) \times 0,035}{\tan 45} \\ &= 56,45 \text{ kgm} \end{aligned}$$

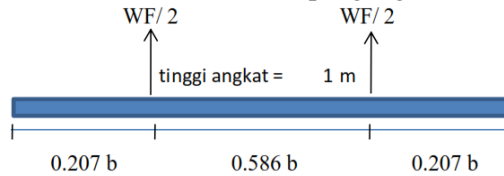
$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$\begin{aligned} M_x \text{ Total} &= 1,5 (M_x + M_x') \\ &= 1,5 (62,57 \text{ kgm} + 56,45 \text{ kgm}) \\ &= 178,53 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Tegangan arah Y (panjang)**

$$M_y = 82,69 \text{ kgm}$$

Momen tambahan akibat sudut pengangkatan (45°)



$$Y_c = 0,5 \times \text{tebal pelat}$$

$$= 0,5 \times 0,07 \text{ m}$$

$$= 0,035 \text{ m}$$

$$M_y' = \frac{P \times y_c}{\tan 45} = \frac{(w \times a \times b) \times y_c}{\tan 45} = \frac{(201,6 \times 3,7 \times 2,8) \times 0,035}{\tan 45}$$

$$= 56,45 \text{ kgm}$$

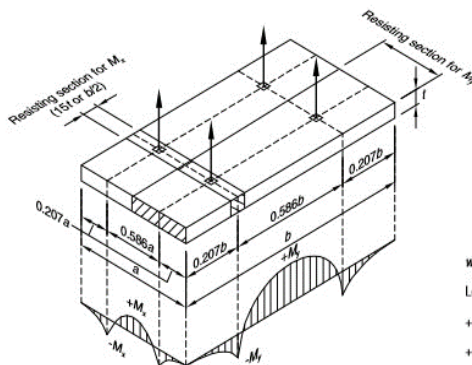
$$\text{Faktor Kejut} = 1,5$$

$$M_y \text{ Total} = 1,5 (M_y + M_y')$$

$$= 1,5 (82,69 \text{ kgm} + 56,45 \text{ kgm})$$

$$= 208,7 \text{ kgm}$$

- Kontrol Momen Tahanan**



(a) Four-point pick-up maximum moments

w = weight per unit area

Locations shown for equal pick loads

$$+M_x = -M_y = 0.0107 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_x = 0.0107 w a b^2$$

M_x resisted by a section of width $15t$ or $b/2$, whichever is less

M_y resisted by a section of width $a/2$

Sesuai dengan *PCI Design Handbook 7th Precast and Prestressed Concrete* untuk :

-Mx ditahan oleh penampang selebar $15t=105\text{cm}$ atau $b/2=185\text{cm}$
Maka diambil yang terkecil yaitu $15t=105\text{ cm}$

$$W_x = \frac{1}{6} \times 15t \times t^2 = \frac{1}{6} \times 105 \times 7^2 = 857,5 \text{ cm}^3$$

-My ditahan oleh penampang selebar $a/2 = 140\text{ cm}$

$$W_y = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times t^2 = \frac{1}{6} \times 140 \times 7^2 = 1143 \text{ cm}^3$$

Maka :

$$\sigma_x = \frac{M_{x.\text{total}}}{W_x} = \frac{17853}{857,5} = 20,82 \text{ kg/cm}^2 < f_r (26 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

$$\sigma_y = \frac{M_{y.\text{total}}}{W_y} = \frac{20870}{1143} = 18,25 \text{ kg/cm}^2 < f_r (26 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

4.3.1.5.9 Kontrol Tegangan Saat Pemasangan

Pemasangan pelat pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari, asumsi 3 tumpuan (ditengah dengan skafolding).

$$F_{ci} = 0,65 \times F_{c'} = 0,65 \times 29,05 \text{ Mpa} = 18,9 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{18,9} = 3 \text{ Mpa} = 30 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 \times (a \times t \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 564,5 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times (200 \text{ kg}) = 320 \text{ kg}$$

$$W = 1/6 \times a \times t^2 = 1/6 \times 2,8 \times 0,07 = 2286,7 \text{ cm}^3$$

$$L = 3,7 \text{ m}$$



• Momen Tahanan

$$\begin{aligned} M_l &= (1/10 \times Q_d \times L^2) + (0,25 \times P_u \times L) \\ &= (1/10 \times 564,5 \times (3,7)^2) + (0,25 \times 400 \times (3,7/2)) \\ &= 379,19 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Faktor kejut = 1,5

$$\begin{aligned} M_l' &= 1,5 \times 379,19 \text{ kgm} \\ &= 567,29 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_t &= 1/8 \times Q_d \times L^2 \\
 &= (1/8 \times 564,5 \times (1,85)^2) \\
 &= 241,49 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Faktor kejut = 1,5

$$\begin{aligned}
 M_t' &= 1,5 \times 241,49 \text{ kgm} \\
 &= 362,24 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- **Kontrol Tegangan**

$$\sigma_x = \frac{M_t'}{W} = \frac{56729}{2286,7} = 24,81 \text{ kg/cm}^2 < f_r (30 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

$$\sigma_y = \frac{M_t'}{W} = \frac{26224}{2286,7} = 15,84 \text{ kg/cm}^2 < f_r (30 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

4.3.1.5.10 Kontrol Tegangan Saat Pengecoran

Pengecoran pelat pracetak dilakukan dengan 3 tumpuan pada saat umur 7 hari, sehingga asumsi usia beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah :

$$F_{ci} = 0,65 \times F_{c'} = 0,65 \times 29,05 \text{ Mpa} = 18,9 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 0,7 \times \sqrt{18,9} = 3 \text{ Mpa} = 30 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_d = 1,2 \times (a \times t \times 2400 \text{ kg/m}^3) = 967,7 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 1,6 \times (200 \text{ kg}) = 400 \text{ kg}$$

$$W = 1/6 \times a \times t^2 = 1/6 \times 2,8 \times 0,12^2 = 6720 \text{ cm}^3$$

$$L = 3,7 \text{ m}$$



- **Momen Tahanan**

$$\begin{aligned}
 M_l &= (1/10 \times Q_d \times L^2) + (0,25 \times P_u \times L) \\
 &= (1/10 \times 967,7 \times (1,85)^2) + (0,25 \times 400 \times (1,85)) \\
 &= 516,19 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Faktor kejut = 1,5

$$\begin{aligned}
 M_l' &= 1,5 \times 516,19 \text{ kgm} \\
 &= 774,28 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_t &= 1/8 \times Q_d \times L^2 \\
 &= (1/8 \times 967,7 \times (1,85)^2) \\
 &= 413,98 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Faktor kejut = 1,5

$$\begin{aligned} Mt' &= 1,5 \times 413,98 \text{ kgm} \\ &= 620,98 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- **Kontrol Tegangan**

$$\sigma_x = \frac{Mt'}{W} = \frac{77428}{6720} = 11,52 \text{ kg/cm}^2 < fr (30 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

$$\sigma_y = \frac{Mt'}{W} = \frac{62098}{6720} = 9,24 \text{ kg/cm}^2 < fr (30 \text{ kg/cm}^2) \text{ (OK)}$$

4.3.1.5.11 Rekap Penulangan Pelat 2 Arah

No	Kondisi	Arah	As Perlu	As Pasang	Tulangan
			mm	mm	
1	Saat Pengangkatan	X	157,50	200,96	Ø8-250
		Y	122,50	200,96	Ø8-250
2	Saat Sebelum Komposit	X	157,50	200,96	Ø8-250
		Y	157,50	141,30	Ø6-200
3	Saat Sesudah Komposit	X	284,50	351,68	Ø8-150
		Y	216,00	251,20	Ø8-200

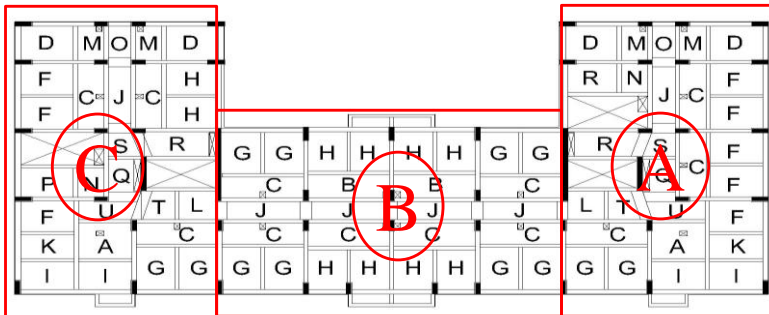
Gambar 4. 18 : Rekap Penulangan Pelat 2 Arah

Setelah dilakukannya kontrol penulangan pelat 2 arah dengan 3 kondisi maka yang digunakan pada lapangan adalah pada kondisi **saat sesudah komposit** dengan tulangan arah **X D8-150** dan tulangan arah **Y D8-200**.

4.3.2 Perhitungan Waktu Pelaksanaan

Perhitungan waktu pelaksanaan dihitung dari pekerjaan mulai dari penurunan atau lansir komponen pelat lantai, kemudian pemasangan pelat pada lokasi lantai yang direncanakan kemudian sampai dengan pengecoran topping pelat. Perhitungan ini mengacu pada HSPK Provinsi Jawa Barat dan RSNi tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton pracetak untuk konstruksi bangunan gedung. Perhitungan waktu pelaksanaan dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini :

Untuk perhitungan waktu pelaksanaan pekerjaan pelat precast berkaitan dengan metode pelaksanaan yang direncanakan. Metode pelaksanaan yang direncanakan adalah dengan pembagian zona kerja pelat pracetak yang dibagi sesuai dengan gambar dan tabel dibawah ini.



Gambar 4. 19 : Pembagian zona kerja pelat pracetak

Tabel 4. 10 : Pembagian zona kerja pelat pracetak

No	Tipe Pelat	Jumlah 1 Lantai	Jumlah Lantai 3-25	Dimensi Lx Ly		Berat Ton	Zona Pekerjaan
1	A	1	23	3,2	3,8	2,043	A
2	C	3	69	1,9	5,8	1,851	
3	D	2	46	3,1	3,7	1,927	
4	F	3	69	2,8	3,7	1,740	
5	G	2	46	2,8	3,5	1,646	
6	H	2	46	2,5	3,8	1,596	
7	I	2	46	1,7	5,2	1,485	
8	J	1	23	2,2	3,8	1,404	
9	K	1	23	2,6	2,6	1,136	
10	L	1	23	1,9	3,1	0,990	
11	M	2	46	1,9	2,6	0,830	
12	N	1	23	1,7	2,8	0,800	
13	O	1	23	2,6	3,7	1,616	
14	P	1	23	2,3	3,0	1,159	
15	Q	1	23	2,6	3,5	1,529	
16	R	1	23	2,1	5,0	1,764	
17	S	1	23	2,1	2,5	0,882	
18	T	1	23	2,4	2,5	1,008	
19	U	1	23	1,6	4,4	1,183	
JUMLAH		28	644			27	
1	B	2	46	2,1	5,8	2,046	B
2	C	6	138	1,9	5,8	1,851	
3	G	8	184	2,8	3,5	1,646	
4	H	8	184	2,5	3,8	1,596	
5	J	4	92	2,2	3,8	1,404	
JUMLAH		28	644			9	
1	A	1	23	3,2	3,8	2,043	C
2	C	3	69	1,9	5,8	1,851	
3	D	2	46	3,1	3,7	1,927	
4	F	5	115	2,8	3,7	1,740	
5	G	2	46	2,8	3,5	1,646	
6	I	2	46	1,7	5,2	1,485	
7	J	1	23	2,2	3,8	1,404	
8	K	1	23	2,6	2,6	1,136	
9	L	1	23	1,9	3,1	0,990	
10	M	2	46	1,9	2,6	0,830	
11	N	1	23	1,7	2,8	0,800	
12	O	1	23	2,6	3,7	1,616	
13	Q	1	23	2,6	3,5	1,529	
14	R	2	46	2,1	5,0	1,764	
15	S	1	23	2,1	2,5	0,882	
16	T	1	23	2,4	2,5	1,008	
17	U	1	23	1,6	4,4	1,183	
JUMLAH		28	644			24	

1. Lansir 1 Buah Komponen Pelat Pracetak

Tabel 4. 11 : Tenaga kerja dan daya group lansir pelat pracetak

Proyek : Proyek Pembangunan Apartemen Tamansari Mahogany Karawang
 Tahapan : Tahap lansir 1 buah komponen plat pracetak
 Item Pekerjaan : Pelat Pracetak
 Sumber : RSNI (Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak Untuk Konstruksi Gedung)

Tenaga Kerja	Koefisien	Satuan	Daya Group	Jumlah Tenaga
Operator TC (OP)	0,019	OH	1	1
Pembantu operator TC (Po)	0,019	OH	1	1
Tukang batu (Tb)	0,038	OH	2	2
Pekerja (P)	0,019	OH	1	1

Perhitungan sumber daya group yang dibutuhkan dalam 1 hari (berdasarkan ketentuan SNI) :

$$\begin{aligned}
 \text{Operator TC (OP)} &= (\text{koef OP/koef P}) \\
 &= (0,019/0,019) \\
 &= 1 \text{ Orang} \\
 \text{Pembantu Operator TC (Po)} &= (\text{koef Po/koef P}) \\
 &= (0,019/0,019) \\
 &= 1 \text{ Orang} \\
 \text{Tukang Batu (Tb)} &= (\text{koef Tb/koef P}) \\
 &= (0,038/0,019) \\
 &= 2 \text{ Orang} \\
 \text{Pekerja (P)} &= (\text{koef P/koef P}) \\
 &= (0,019/0,019) \\
 &= 1 \text{ Orang}
 \end{aligned}$$

Sehingga tenaga kerja yang dibutuhkan untuk langsir 1 buah komponen pelat seperti yang ada ditabel 4.9. dalam menghitung waktu yang dibutuhkan untuk langsir pelat precast dari truk pengangkut ke area dropping material :

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas per hari x tenaga kerja}}$$

Produktifitas tenaga kerja 1 group (unit/hari)

Diasumsikan dalam pemasangan yang paling berpengaruh adalah pekerja, sehingga produktivitas yang bisa dikerjakan untuk langsir komponen pelat pracetak dengan 1 grup dalam 1 hari adalah:

$$\left(\frac{1}{\text{Koeff Pekerja}}\right) \times 1 \text{ Hari} = \left(\frac{1}{0,019}\right) \times 1 \text{ Hari}$$

$$= 52,63 \text{ unit/Hari} \sim 53 \text{ unit/hari}$$

Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk langsir pelat precast dari truck pengangkut ke area dropping material dalam 1 lantai adalah :

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas per hari x tenaga kerja}}$$

$$\text{Durasi} = \frac{83 \text{ buah lembar}}{53 \text{ unit per hari x 1 pekerja}}$$

$$\text{Durasi} = 1,56 \text{ hari} \sim 2 \text{ hari}$$

Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk langsir pelat pracetak dalam 1 lantai dengan menggunakan 1 group tenaga kerja membutuhkan waktu 2 hari. Dengan syarat material yang datang ke lokasi proyek adalah 53 unit perhari.

2. Ereksi 1 Buah Komponen Pelat Pracetak

Tabel 4. 12 : Tenaga kerja dan daya group ereksi pelat pracetak

Proyek : Proyek Pembangunan Apartemen Tamansari Mahogany Karawang
 Tahapan : Tahap ereksi 1 buah komponen plat pracetak
 Item Pekerjaan : Pelat Pracetak
 Sumber : RSNI (Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak Untuk Konstruksi Gedung)

Tenaga Kerja	Koefisien	Satuan	Daya Group	Jumlah Tenaga
Operator TC (OP)	0,067	OH	1	1
Pembantu operator TC (Po)	0,067	OH	1	1
Mandor (M)	0,067	OH	1	1
Kepala Tukang (Kt)	0,067	OH	1	1
Tukang Ereksi (Te)	0,134	OH	2	2
Tukang batu (Tb)	0,067	OH	2	2
Pekerja (P)	0,067	OH	1	1

Dalam pekerjaan ereksi pelat pracetak diasumsikan yang paling berpengaruh adalah koefisien dari pekerja (P) karena memiliki koefisien yang paling kecil dari pada yang lainnya, sehingga produktifitas yang bisa dikerjakan untuk ereksi pelat pracetak dengan 1 group dalam 1 hari adalah sebagai berikut :

$$\left(\frac{1}{\text{Koef Pekerja}} \right) \times 1 \text{ Hari} = \left(\frac{1}{0,067} \right) \times 1 \text{ Hari} = \mathbf{14,92 \text{ unit/Hari}}$$

~ 15 unit/hari

Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk ereksi pelat precast dalam 1 lantai adalah :

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas per hari x tenaga kerja}}$$

$$\text{Durasi} = \frac{83 \text{ buah lembar}}{15 \text{ unit per hari x 1 pekerja}}$$

$$\text{Durasi} = 5,53 \text{ hari} \sim \mathbf{6 \text{ hari}}$$

Perhitungan sumber daya group yang dibutuhkan dalam 1 hari (berdasarkan ketentuan SNI) :

Operator TC (OP)	$= (\text{koef OP}/\text{koef P})$ $= (0,067/0,067)$ $= 1 \text{ Orang}$
Pembantu Operator TC (Po)	$= (\text{koef Po}/\text{koef P})$ $= (0,067/0,067)$ $= 1 \text{ Orang}$
Mandor (M)	$= (\text{koef M}/\text{koef P})$ $= (0,067/0,067)$ $= 1 \text{ Orang}$
Kepala Tukang	$= (\text{koef Kt}/\text{koef P})$ $= (0,067/0,067)$ $= 1$
Tukang Ereksi (Te)	$= (\text{koef Te}/\text{koef P})$ $= (0,134/0,067)$ $= 2 \text{ Orang}$
Tukang Batu (Tb)	$= (\text{koef Tb}/\text{koef P})$ $= (0,067/0,067)$ $= 2 \text{ Orang}$
Pekerja (P)	$= (\text{koef P}/\text{koef P})$ $= (0,067/0,067)$ $= 1 \text{ Orang}$

3. Pekerjaan Pembesian Topping

Tabel 4. 13 : Tenaga kerja dan daya group pembesian topping

Proyek : Proyek Pembangunan Apartemen Tamansari Mahogany Karawang
 Tahapan : Tahap Pembagian Topping
 Item Pekerjaan : Pelat Pracetak
 Sumber : RSNI (Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak Untuk Konstruksi Gedung)

Tenaga Kerja	Koefisien	Satuan	Daya Group	Jumlah Tenaga
Operator TC (OP)	0.0004	OH	1	1
Pembantu operator TC (Po)	0.0007	OH	2	2
Tukang batu (Tb)	0.007	OH	1	17
Pekerja (P)	0.007	OH	1	17

Dalam pekerjaan ereksi pelat pracetak diasumsikan yang paling berpengaruh adalah koefisien dari pekerja (P) karena memiliki koefisien yang paling kecil dari pada yang lainnya, sehingga produktifitas yang bisa dikerjakan untuk ereksi pelat pracetak dengan 1 group dalam 1 hari adalah sebagai berikut :

$$\left(\frac{1}{\text{Koef Pekerja}} \right) \times 1 \text{ Hari} = \left(\frac{1}{0,007} \right) \times 1 \text{ Hari} = \mathbf{142,857 \text{ m}^3 / \text{Hari}}$$

Produktifitas yang dihasilkan dengan 0,06 mandor dengan 1 pekerja mampu memproduksi 142,857 kg/hari, sehingga apabila menggunakan grop 1 mandor dengan 17 pekerja mampu memproduksi : 142,857 kg/hari x 17 pekerja = 2428,571 kg/hari . dalam 1 lantai vulume besi topping adalah :

Tabel 4. 14 : Rekapitulasi voume pembesian topping vertikal

No	Tipe Pelat	Jumlah 1 Lantai	Dimensi m	Jarak m	Jumlah Batang	Panjang Total (m)	Ket.	Zona
1	A	1	3,2	0,15	21	68	Vertikal	A
2	C	3	1,9	0,15	38	72	Vertikal	
3	D	2	3,1	0,15	41	128	Vertikal	
4	F	3	2,8	0,15	56	157	Vertikal	
5	G	2	2,8	0,15	37	105	Vertikal	
6	H	2	2,5	0,15	33	83	Vertikal	
7	I	2	1,7	0,15	23	39	Vertikal	
8	J	1	2,2	0,15	15	32	Vertikal	
9	K	1	2,6	0,15	17	45	Vertikal	
10	L	1	1,9	0,15	13	24	Vertikal	
11	M	2	1,9	0,15	25	48	Vertikal	
12	N	1	1,7	0,15	11	19	Vertikal	
13	O	1	2,6	0,15	17	45	Vertikal	
14	P	1	2,3	0,15	15	35	Vertikal	
15	Q	1	2,6	0,15	17	45	Vertikal	
16	R	1	2,1	0,15	14	29	Vertikal	
17	S	1	2,1	0,15	14	29	Vertikal	
18	T	1	2,4	0,15	16	38	Vertikal	
19	U	1	1,6	0,15	11	17	Vertikal	
Total					1.060	m		
Luasan D8					0,00005024	m ²		
BJ Besi					8.750	kg/m ³		
Berat 1 lantai					466,09	kg		
Berat 23 lantai					10.720,14	kg		
No	Tipe Pelat	Jumlah 1 Lantai	Dimensi m	Jarak m	Jumlah Batang	Panjang Total (m)	Ket.	Zona
1	B	2	2,1	0,15	28	59	Vertikal	B
2	C	6	1,9	0,15	76	144	Vertikal	
3	G	8	2,8	0,15	149	418	Vertikal	
4	H	8	2,5	0,15	133	333	Vertikal	
5	J	4	2,2	0,15	59	129	Vertikal	
Total					1.084	m		
Luasan D8					0,00005024	m ²		
BJ Besi					8.750	kg/m ³		
Berat 1 lantai					476,41	kg		
Berat 23 lantai					10.957,41	kg		
No	Tipe Pelat	Jumlah 1 Lantai	Dimensi m	Jarak m	Jumlah Batang	Panjang Total (m)	Ket.	Zona
1	A	1	3,2	0,15	21	68	Vertikal	C
2	C	3	1,9	0,15	38	72	Vertikal	
3	D	2	3,1	0,15	41	128	Vertikal	
4	F	5	2,8	0,15	93	261	Vertikal	
5	G	2	2,8	0,15	37	105	Vertikal	
6	I	2	1,7	0,15	23	39	Vertikal	
7	J	1	2,2	0,15	15	32	Vertikal	
8	K	1	2,6	0,15	17	45	Vertikal	
9	L	1	1,9	0,15	13	24	Vertikal	
10	M	2	1,9	0,15	25	48	Vertikal	
11	N	1	1,7	0,15	11	19	Vertikal	
12	O	1	2,6	0,15	17	45	Vertikal	
13	Q	1	2,6	0,15	17	45	Vertikal	
14	R	2	2,1	0,15	28	59	Vertikal	
15	S	1	2,1	0,15	14	29	Vertikal	
16	T	1	2,4	0,15	16	38	Vertikal	
17	U	1	1,6	0,15	11	17	Vertikal	
Total					1.076	m		
Luasan D8					0,00005024	m ²		
BJ Besi					8.750	kg/m ³		
Berat 1 lantai					472,83	kg		
Berat 23 lantai					10.875,18	kg		

Tabel 4. 15 : Rekapitulasi voume pembesian topping vertikal

No	Tipe Pelat	Jumlah 1 Lantai	Dimensi m	Jarak m	Jumlah Batang	Panjang Total (m)	Ket.	Zona
1	A	1	3,8	0,15	25	96	Horizontal	A
2	C	3	5,8	0,15	116	673	Horizontal	
3	D	2	3,7	0,15	49	183	Horizontal	
4	F	3	3,7	0,15	74	274	Horizontal	
5	G	2	3,5	0,15	47	163	Horizontal	
6	H	2	3,8	0,15	51	193	Horizontal	
7	I	2	5,2	0,15	69	361	Horizontal	
8	J	1	3,8	0,15	25	96	Horizontal	
9	K	1	2,6	0,15	17	45	Horizontal	
10	L	1	3,1	0,15	21	64	Horizontal	
11	M	2	2,6	0,15	35	90	Horizontal	
12	N	1	2,8	0,15	19	52	Horizontal	
13	O	1	3,7	0,15	25	91	Horizontal	
14	P	1	3,0	0,15	20	60	Horizontal	
15	Q	1	3,5	0,15	23	82	Horizontal	
16	R	1	5,0	0,15	33	167	Horizontal	
17	S	1	2,5	0,15	17	42	Horizontal	
18	T	1	2,5	0,15	17	42	Horizontal	
19	U	1	4,4	0,15	29	129	Horizontal	
Total					2.902	m		
Luasan D8					0,00005024	m2		
BJ Besi					8.750	kg/m3		
Berat 1 lantai					1.275,54	kg		
Berat 23 lantai					29.337,50	kg		
No	Tipe Pelat	Jumlah 1 Lantai	Dimensi m	Jarak m	Jumlah Batang	Panjang Total (m)	Ket.	Zona
1	B	2	5,8	0,15	77	449	Horizontal	B
2	C	6	5,8	0,15	232	1.346	Horizontal	
3	G	8	3,5	0,15	187	653	Horizontal	
4	H	8	3,8	0,15	203	770	Horizontal	
5	J	4	3,8	0,15	101	385	Horizontal	
Total					3.603	m		
Luasan D8					0,00005024	m2		
BJ Besi					8.750	kg/m3		
Berat 1 lantai					1.583,73	kg		
Berat 23 lantai					36.425,84	kg		
No	Tipe Pelat	Jumlah 1 Lantai	Dimensi m	Jarak m	Jumlah Batang	Panjang Total (m)	Ket.	Zona
1	A	1	3,8	0,15	25	96	Horizontal	C
2	C	3	5,8	0,15	116	673	Horizontal	
3	D	2	3,7	0,15	49	183	Horizontal	
4	F	5	3,7	0,15	123	456	Horizontal	
5	G	2	3,5	0,15	47	163	Horizontal	
6	I	2	5,2	0,15	69	361	Horizontal	
7	J	1	3,8	0,15	25	96	Horizontal	
8	K	1	2,6	0,15	17	45	Horizontal	
9	L	1	3,1	0,15	21	64	Horizontal	
10	M	2	2,6	0,15	35	90	Horizontal	
11	N	1	2,8	0,15	19	52	Horizontal	
12	O	1	3,7	0,15	25	91	Horizontal	
13	Q	1	3,5	0,15	23	82	Horizontal	
14	R	2	5,0	0,15	67	333	Horizontal	
15	S	1	2,5	0,15	17	42	Horizontal	
16	T	1	2,5	0,15	17	42	Horizontal	
17	U	1	4,4	0,15	29	129	Horizontal	
Total					2.998	m		
Luasan D8					0,00005024	m2		
BJ Besi					8.750	kg/m3		
Berat 1 lantai					1.318,04	kg		
Berat 23 lantai					30.314,87	kg		

Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pembesian topping pelat precast dalam 1 lantai adalah :

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas per hari x tenaga kerja}}$$

$$\text{Durasi} = \frac{5593 \text{ kg}}{142,857 \text{ kg per hari x 17 pekerja}}$$

$$\text{Durasi} = 2,3 \text{ hari} \sim \mathbf{2 \text{ hari}}$$

Perhitungan sumber daya group yang dibutuhkan dalam 1 hari (berdasarkan ketentuan SNI) :

$$\text{Mandor (M)} = (\text{koef OP/koef P})$$

$$= (0,0004/0,007)$$

$$= 0,6 \text{ Orang}$$

$$\text{Kepala Tukang (Kt)} = (\text{koef Po/koef P})$$

$$= (0,0007/0,0007)$$

$$= 0,1 \text{ Orang}$$

$$\text{Tukang Batu (Tbt)} = (\text{koef M/koef P})$$

$$= (0,007/0,007)$$

$$= 1 \text{ Orang}$$

$$\text{Kepala Tukang} = (\text{koef Kt/koef P})$$

$$= (0,067/0,067)$$

$$= 1$$

$$\text{Pekerja (P)} = (\text{koef P/koef P})$$

$$= (0,007/0,007)$$

$$= 1 \text{ Orang}$$

4. Pekerjaan Pengecoran Topping Beton Ready Mix $f'_c = 29,05 \text{ Mpa}$

Tabel 4. 16 : Tenaga kerja dan daya group cor pelat pracetak

Proyek : Proyek Pembangunan Apartemen Tamansari Mahogany Karawang

Tahapan : Tahap Pengecoran Topping Beton $f'_c : 29,05 \text{ Mpa}$

Item Pekerjaan : Pelat Pracetak

Sumber : RSNI (Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak Untuk Konstruksi Gedung)

Tenaga Kerja	Koefisien	Satuan	Daya Group	Jumlah Tenaga
Mandor (M)	0.083	OH	3	1
Kepala Tukang (Kt)	0.028	OH	2	2
Tukang Beton (Tbt)	0.275	OH	1	17
Pekerja (P)	1.65	OH	1	17

Dalam pekerjaan pengecoran topping beton pelat pracetak diasumsikan yang paling berpengaruh adalah koefisien dari tukang beton (Tbt), sehingga produktifitas yang bisa dikerjakan untuk ereksi pelat pracetak dengan 1 group dalam 1 hari adalah sebagai berikut :

$$\left(\frac{1}{\text{Koef Pekerja}} \right) \times 1 \text{ Hari} = \left(\frac{1}{0,275} \right) \times 1 \text{ Hari} = \mathbf{3,64 \text{ m}^3/\text{Hari}}$$

Sehingga dengan satu group kerja 0,3 mandor dengan 6 pekerja mampu memproduksi $3,64 \text{ m}^3/\text{hari}$ maka apabila dengan 1 mandor 18 orang pekerja maka : $3,64 \text{ m}^3/\text{hari} \times 18 \text{ pekerja} : 65,45 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Tabel 4. 17 : Rekapitulasi volume beton topping

No	Tipe Pelat	Jumlah 1 Lantai	Dimensi		Tebal (m) Topping	Volume m ³	Zona
			Lx	Ly			
1	A	3	3,2	3,8	0,05	1,95	A
2	C	2	1,9	5,8	0,05	1,05	
3	D	3	3,1	3,7	0,05	1,78	
4	F	3	2,8	3,7	0,05	1,45	
5	G	3	2,8	3,5	0,05	1,37	
6	H	3	2,5	3,8	0,05	1,19	
7	I	2	1,7	5,2	0,05	0,75	
8	J	2	2,2	3,8	0,05	0,92	
9	K	3	2,6	2,6	0,05	0,88	
10	L	2	1,9	3,1	0,05	0,56	
11	M	2	1,9	2,6	0,05	0,47	
12	N	2	1,7	2,8	0,05	0,40	
13	O	3	2,6	3,7	0,05	1,25	
14	P	2	2,3	3,0	0,05	0,79	
15	Q	3	2,6	3,5	0,05	1,18	
16	R	2	2,1	5,0	0,05	1,10	
17	S	2	2,1	2,5	0,05	0,55	
18	T	2	2,4	2,5	0,05	0,72	
19	U	2	1,6	4,4	0,05	0,56	
					Total 1 lantai	18,93	m³
					Total 23 lantai	435,33	m³
No	Tipe Pelat	Jumlah 1 Lantai	Dimensi		Tebal (m) Topping	Volume m ³	Zona
			Lx	Ly			
1	B	2	2,1	5,8	0,05	1,22	B
2	C	6	1,9	5,8	0,05	3,31	
3	G	8	2,8	3,5	0,05	3,92	
4	H	8	2,5	3,8	0,05	3,80	
5	J	4	2,2	3,8	0,05	1,67	
					Total 1 lantai	13,92	m³
					Total 23 lantai	320,07	m³
No	Tipe Pelat	Jumlah 1 Lantai	Dimensi		Tebal (m) Topping	Volume m ³	Zona
			Lx	Ly			
1	A	1	3,2	3,8	0,05	0,61	C
2	C	3	1,9	5,8	0,05	1,65	
3	D	2	3,1	3,7	0,05	1,15	
4	F	5	2,8	3,7	0,05	2,59	
5	G	2	2,8	3,5	0,05	0,98	
6	I	2	1,7	5,2	0,05	0,88	
7	J	1	2,2	3,8	0,05	0,42	
8	K	1	2,6	2,6	0,05	0,34	
9	L	1	1,9	3,1	0,05	0,29	
10	M	2	1,9	2,6	0,05	0,49	
11	N	1	1,7	2,8	0,05	0,24	
12	O	1	2,6	3,7	0,05	0,48	
13	Q	1	2,6	3,5	0,05	0,46	
14	R	2	2,1	5,0	0,05	1,05	
15	S	1	2,1	2,5	0,05	0,26	
16	T	1	2,4	2,5	0,05	0,30	
17	U	1	1,6	4,4	0,05	0,35	
					Total 1 lantai	12,55	m³
					Total 23 lantai	288,54	m³

Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk ereksi pelat precast dalam 1 lantai adalah :

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas per hari x tenaga kerja}}$$

$$\text{Durasi} = \frac{45,39 \text{ m}^3}{3,64 \text{ m}^3 \text{ perhari} \times 18 \text{ pekerja}}$$

$$\text{Durasi} = 0,69 \text{ hari} \sim \mathbf{1 \text{ hari}}$$

Perhitungan sumber daya group yang dibutuhkan dalam 1 hari (berdasarkan ketentuan SNI) :

$$\begin{aligned} \text{Mandor (M)} &= (\text{koef OP/koef P}) \\ &= (0,083/0,275) \\ &= 0,3 \text{ Orang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kepala Tukang (Kt)} &= (\text{koef Po/koef P}) \\ &= (0,083/0,275) \\ &= 0,1 \text{ Orang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang Batu (Tbt)} &= (\text{koef M/koef P}) \\ &= (0,275/0,275) \\ &= 1 \text{ Orang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kepala Tukang} &= (\text{koef Kt/koef P}) \\ &= (0,165/0,275) \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pekerja (P)} &= (\text{koef P/koef P}) \\ &= (1,65/0,275) \\ &= 6 \text{ Orang} \end{aligned}$$

4.3.3 Perhitungan Biaya Pekerjaan

Setelah perhitungan waktu pekerjaan item *half slab precast* selanjutnya adalah perhitungan biaya pekerjaan *half slab precast*. Perhitungan biaya meliputi pekerjaan yang sudah dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Perhitungan biaya berdasarkan SNI 7832:2012 (Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak Untuk Konstruksi Bangunan Gedung) dan HSPK Provinsi Jawa Barat 2015.

Tabel 4. 19 : Daftar harga tenaga kerja

No	Tenaga Kerja	Harga	Satuan
1	Pekerja	Rp 111.248,00	OH
2	Tukang	Rp 139.060,65	OH
3	Kepala Tukang	Rp 166.873,57	OH
4	Mandor	Rp 194.684,51	OH
5	Mekanik	Rp 194.684,51	OH
6	Operator	Rp 194.684,51	OH
7	Pembantu Operator	Rp 111.248,00	OH

Daftar harga tenaga kerja pada tabel 4.18 sebagai acuan dalam menghitung analisa harga satuan untuk pekerjaan *half slab precast*. Sedangkan untuk rincian biaya sewa alat tower crane didasarkan pada biaya tahunan peralatan yang disebut dengan harga sewa peralatan persatuan waktu, biaya operasional peralatan, serta biaya mobilisasi dan demobilisasi peralatan.

Tabel 4. 20 : Daftar sewa peralatan tower crane

No	Material	Harga
1	Biaya Pondasi + Angkur	Rp 8,000,000.00
2	Biaya Sewa TC	Rp 80,000,000.00
3	Biaya erection dan dismantling	Rp 80,000,000.00
4	Biaya mobilisasi+demobilisasi	Rp 80,000,000.00
5	Biaya listrik kerja	Rp 30,000,000.00
6	Biaya asuransi alat	Rp 2,000,000.00
7	Biaya Perjanjian disnaker	Rp 1,000,000.00
Total/bulan		Rp 281,000,000.00
Total/perhari 30 hari		Rp 9,366,666.67

Setelah didapatkan data biaya tenaga kerja dan alat-alat yang digunakan untuk pekerjaan pelat lantai kemudian melakukan perhitungan analisa harga satuan item pekerjaan dengan mengacu pada SNI 7832:2012 (Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak Untuk Konstruksi Bangunan Gedung) dan HSPK Provinsi Jawa Barat 2015. Analisa harga satuan pekerjaan dapat dilihat ditabel-tabel 4.20 dibawah ini. Pada tabel ini digunakan untuk menghitung biaya pelaksanaan untuk pekerjaan pelat lantai alternatif dengan menggunakan *half slab precast* disub bab tahap pengembangan.

Tabel 4. 21 : Analisa pekerjaan

Membuat 1 m2 bekisting untuk pelat beton pracetak	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Bahan:				
Besi Hollow (50 x 50 x 3) mm	9.394	kg	Rp 7.900.00	Rp 74.212.60
Pelat Besi 8 mm	89.600	kg	Rp 14.000.00	Rp 1.254.400.00
Kawat Las	0.088	kg	Rp 59.800.00	Rp 5.262.40
Minyak bekisting	0.200	Lbr	Rp 30.100.00	Rp 6.020.00
Jumlah (A)				Rp 1,339,895.00
Tenaga Kerja :				
Pekerja	0.198	OH	Rp 111.248.00	Rp 22.027.10
Tukang Batu	0.033	OH	Rp 139.060.65	Rp 4.589.00
Kepala Tukang	0.003	OH	Rp 166.873.57	Rp 500.62
Mandor	0.010	OH	Rp 194.684.51	Rp 1.946.85
Jumlah (B)				Rp 29,063.57
Total (A+B)				Rp 1,368,958.57

Upah Pemasangan + Buka bekisting 1 Buah Komponen untuk Pelat Pracetak	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Tenaga Kerja :				
Pekerja	0.053	OH	Rp 111.248.00	Rp 5.896.14
Tukang Kayu	0.018	OH	Rp 139.060.65	Rp 2.503.09
Mandor	0.005	OH	Rp 194.684.51	Rp 973.42
Jumlah (A)				Rp 9,372.66
Total (A)				

Upah Tuang/Tebar 1 Buah Komponen untuk Pelat Pracetak	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Tenaga Kerja :				
Pekerja	0.064	OH	Rp 111.248.00	Rp 7.119.87
Tukang Batu	0.244	OH	Rp 139.060.65	Rp 33.930.80
Tukang Vibrator	0.128	OH	Rp 139.060.65	Rp 17.799.76
Kepala Tukang	0.034	OH	Rp 166.873.57	Rp 5.673.70
Mandor	0.073	OH	Rp 194.684.51	Rp 14.211.97
Jumlah (A)				Rp 78,736.10
Total (A)				

Ereksi 1 Buah Komponen Pelat Pracetak	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Bahan:				
Sewa Crane	0.067	Unit/hr	Rp 12.433.333.33	833.033.33
Solar	6.676	L	Rp 6.450.00	43.060.20
Sewa <i>pipe support</i>	1.100	Bh/Hr	Rp 3.500.00	3.850.00
Jumlah (A)				Rp 879,943.53
Tenaga Kerja :				
Operator Crane	0.067	OH	Rp 194.684.51	Rp 13.043.86
Pembantu Operator Crane	0.067	OH	Rp 111.248.00	Rp 7.453.62
Pekerja	0.067	OH	Rp 111.248.00	Rp 7.453.62
Tukang Batu	0.134	OH	Rp 139.060.65	Rp 18.634.13
Tukang Ereksi	0.067	OH	Rp 139.060.65	Rp 9.317.06
Kepala Tukang	0.067	OH	Rp 166.873.57	Rp 11.180.53
Mandor	0.067	OH	Rp 194.684.51	Rp 13.043.86
Jumlah (B)				Rp 80,126.68
Total (A+B)				Rp 960,070.21

Langsir 1 Buah Komponen Pelat Pracetak	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Bahan:				
Sewa Crane	0,019	Unit/hr	Rp 12.433.333,33	Rp 236.233,33
Solar	1,897	L	Rp 6.450,00	Rp 12.235,65
Jumlah (A)				Rp 248.468,98
Tenaga Kerja :				
Operator Crane	0,019	OH	Rp 111.248,00	Rp 2.113,71
Pembantu Operator Crane	0,019	OH	Rp 139.060,65	Rp 2.642,15
Pekerja	0,038	OH	Rp 166.873,57	Rp 6.341,20
Tukang Batu	0,019	OH	Rp 194.684,51	Rp 3.699,01
Jumlah (B)				Rp 14.796,07
Total (A+B)				Rp 263.265,05

Beton Siap Pakai (readymix) 1m3 f'c : 29,05 Mpa (K-300)	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Bahan:				
Ready mix K-300	1,000	m3	Rp 860.000,00	Rp 860.000,00
Jumlah				Rp 860.000,00

Pembesian 1 kg dengan besi polos/ulir	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Bahan:				
Besi Beton (polos/ulir)	1,050	Kg	Rp 11.000,00	Rp 11.550,00
Kawat Beton	0,015	Kg	Rp 26.500,00	Rp 397,50
Jumlah (A)				Rp 11.947,50
Tenaga Kerja :				
Pekerja	0,0070	OH	Rp 111.248,00	Rp 778,74
Tukang Besi	0,0070	OH	Rp 139.060,65	Rp 973,42
Kepala Tukang	0,0007	OH	Rp 166.873,57	Rp 116,81
Mandor	0,0004	OH	Rp 194.684,51	Rp 77,87
Jumlah (B)				Rp 1.946,85
Total (A+B)				Rp 13.894,35

Pekerjaan Beton K-300	Koef.	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Bahan:				
Semen PC 40 Kg	10,325	Zak	Rp 55.300,00	Rp 570.972,50
Pasir Cor	0,426	m3	Rp 250.000,00	Rp 106.400,00
Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,537	m3	Rp 365.200,00	Rp 196.258,48
Air	215,000	Liter	Rp 6,00	Rp 1.290,00
Jumlah (A)				Rp 874.920,98
Tenaga Kerja :				
Pekerja	1,6500	OH	Rp 111.248,00	Rp 183.559,20
Tukang Besi	0,2750	OH	Rp 139.060,65	Rp 38.241,68
Kepala Tukang	0,0280	OH	Rp 166.873,57	Rp 4.672,46
Mandor	0,0830	OH	Rp 194.684,51	Rp 16.158,81
Jumlah (B)				Rp 242.632,15
Total (A+B)				Rp 1.117.553,13

Tabel 4. 22 : Analisa biaya untuk tipe pelat 1 arah

TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
B	Beton	0,85	m3	Rp 860.000,00	Rp 733.236,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	28,13	Kg	Rp 13.894,35	Rp 390.909,08
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	12,18	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 716.978,36
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.929.232,21
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
C	Beton	0,77	m3	Rp 860.000,00	Rp 663.404,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	27,69	Kg	Rp 13.894,35	Rp 384.801,13
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	11,02	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 648.694,71
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.785.008,60
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
I	Beton	0,62	m3	Rp 860.000,00	Rp 532.168,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	24,62	Kg	Rp 13.894,35	Rp 342.045,45
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	8,84	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 520.368,53
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.482.690,74
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
R	Beton	0,74	m3	Rp 860.000,00	Rp 632.100,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	25,06	Kg	Rp 13.894,35	Rp 348.153,40
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	10,50	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 618.084,79
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.686.446,96
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
U	Beton	0,49	m3	Rp 860.000,00	Rp 423.808,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	21,54	Kg	Rp 13.894,35	Rp 299.289,77
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	7,04	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 414.411,14
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.225.617,67

Tabel 4. 23 : Analisa biaya untuk tipe pelat 2 arah

TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	Beton	0,85	m3	Rp 860.000,00	Rp 732.032,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	18,02	Kg	Rp 13.894,35	Rp 250.426,13
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	12,16	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 715.801,06
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.786.367,95
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
D	Beton	0,80	m3	Rp 860.000,00	Rp 690.494,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	17,58	Kg	Rp 13.894,35	Rp 244.318,18
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	11,47	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 675.184,06
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.698.105,00

TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
F	Beton	0.73	m3	Rp 860.000,00	Rp 623.672,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	16,70	Kg	Rp 13.894,35	Rp 232.102,27
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	10,36	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 609.843,66
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.553.726,70
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
G	Beton	0.69	m3	Rp 860.000,00	Rp 589.960,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	16,27	Kg	Rp 13.894,35	Rp 225.994,31
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	9,80	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 576.879,14
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.480.942,22
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
H	Beton	0.67	m3	Rp 860.000,00	Rp 571.900,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	15,83	Kg	Rp 13.894,35	Rp 219.886,36
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	9,50	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 559.219,58
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.439.114,70
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
J	Beton	0.59	m3	Rp 860.000,00	Rp 503.272,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	14,95	Kg	Rp 13.894,35	Rp 207.670,45
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	8,36	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 492.113,23
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.291.164,44
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
K	Beton	0,47	m3	Rp 860.000,00	Rp 406.952,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	13,63	Kg	Rp 13.894,35	Rp 189.346,59
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	6,76	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 397.928,88
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.082.336,23
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
L	Beton	0,41	m3	Rp 860.000,00	Rp 354.578,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	12,75	Kg	Rp 13.894,35	Rp 177.130,68
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	5,89	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 346.716,14
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 966.533,58
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
M	Beton	0,35	m3	Rp 860.000,00	Rp 297.388,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	11,43	Kg	Rp 13.894,35	Rp 158.806,82
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	4,94	m2	Rp 1.368.958,57	Rp 290.794,18
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 835.097,76

TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
N	Beton	0,33	m ³	Rp 860.000,00	Rp 286.552,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	11,43	Kg	Rp 13.894,35	Rp 158.806,82
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	4,76	m ²	Rp 1.368.958,57	Rp 280.198,44
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 813.666,02
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
O	Beton	0,67	m ³	Rp 860.000,00	Rp 579.124,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	16,27	Kg	Rp 13.894,35	Rp 225.994,31
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	9,62	m ²	Rp 1.368.958,57	Rp 566.283,40
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.459.510,48
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
P	Beton	0,48	m ³	Rp 860.000,00	Rp 415.380,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	13,63	Kg	Rp 13.894,35	Rp 189.346,59
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	6,90	m ²	Rp 1.368.958,57	Rp 406.170,01
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.099.005,36
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
Q	Beton	0,64	m ³	Rp 860.000,00	Rp 547.820,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	15,83	Kg	Rp 13.894,35	Rp 219.886,36
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	9,10	m ²	Rp 1.368.958,57	Rp 535.673,49
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 1.391.488,61
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
S	Beton	0,37	m ³	Rp 860.000,00	Rp 316.050,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	11,87	Kg	Rp 13.894,35	Rp 164.914,77
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	5,25	m ²	Rp 1.368.958,57	Rp 309.042,40
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 878.115,93
TIPE	Macam Pekerjaan	Koef	Satuan	Harga Satuan	Jumlah Harga
T	Beton	0,42	m ³	Rp 860.000,00	Rp 361.200,00
	Upah Tuang/Tebar Beton	1,00	Unit	Rp 78.736,10	Rp 78.736,10
	Baja Tulangan	12,75	Kg	Rp 13.894,35	Rp 177.130,68
	Buat Bekisting Baja (23 kali pakai)	6,00	m ²	Rp 1.368.958,57	Rp 353.191,31
	Buka Pasang Bekisting	1,00	Unit	Rp 9.372,66	Rp 9.372,66
	Jumlah				Rp 979.630,75

Untuk total biaya item pekerjaan *half slab precast* bisa dilihat ditabel

Tabel 4. 25 : Rincian biaya pekerjaan *half slab precast*

NO.	JENIS PEKERJAAN	VOL	SAT.	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A.I	Pekerjaan Precast				
1	Pelat <i>Precast</i> Tipe A	46,00	Unit	Rp 1.786.367,95	Rp 82.172.925,81
2	Pelat <i>Precast</i> Tipe B	46,00	Unit	Rp 1.929.232,21	Rp 88.744.681,60
3	Pelat <i>Precast</i> Tipe C	276,00	Unit	Rp 1.785.008,60	Rp 492.662.373,81
4	Pelat <i>Precast</i> Tipe D	92,00	Unit	Rp 1.698.105,00	Rp 156.225.659,73
5	Pelat <i>Precast</i> Tipe F	184,00	Unit	Rp 1.553.726,70	Rp 285.885.711,99
6	Pelat <i>Precast</i> Tipe G	276,00	Unit	Rp 1.480.942,22	Rp 408.740.052,38
7	Pelat <i>Precast</i> Tipe H	230,00	Unit	Rp 1.439.114,70	Rp 330.996.380,71
8	Pelat <i>Precast</i> Tipe I	92,00	Unit	Rp 1.482.690,74	Rp 136.407.548,38
9	Pelat <i>Precast</i> Tipe J	138,00	Unit	Rp 1.291.164,44	Rp 178.180.692,82
10	Pelat <i>Precast</i> Tipe K	46,00	Unit	Rp 1.082.336,23	Rp 49.787.466,47
11	Pelat <i>Precast</i> Tipe L	46,00	Unit	Rp 966.533,58	Rp 44.460.544,62
12	Pelat <i>Precast</i> Tipe M	92,00	Unit	Rp 835.097,76	Rp 76.828.993,71
13	Pelat <i>Precast</i> Tipe N	46,00	Unit	Rp 813.666,02	Rp 37.428.636,85
14	Pelat <i>Precast</i> Tipe O	46,00	Unit	Rp 1.459.510,48	Rp 67.137.482,05
15	Pelat <i>Precast</i> Tipe P	23,00	Unit	Rp 1.099.005,36	Rp 25.277.123,24
16	Pelat <i>Precast</i> Tipe Q	46,00	Unit	Rp 1.391.488,61	Rp 64.008.476,12
17	Pelat <i>Precast</i> Tipe R	69,00	Unit	Rp 1.686.446,96	Rp 116.364.840,27
18	Pelat <i>Precast</i> Tipe S	46,00	Unit	Rp 878.115,93	Rp 40.393.332,78
19	Pelat <i>Precast</i> Tipe T	46,00	Unit	Rp 979.630,75	Rp 45.063.014,63
20	Pelat <i>Precast</i> Tipe U	46,00	Unit	Rp 1.225.617,67	Rp 56.378.412,76
					Rp 2.783.144.350,73

A.II	Pekerjaan Langsir				
1	Pelat <i>Precast</i> Tipe A	46,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 12.110.192,26
2	Pelat <i>Precast</i> Tipe B	46,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 12.110.192,26
3	Pelat <i>Precast</i> Tipe C	276,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 72.661.153,53
4	Pelat <i>Precast</i> Tipe D	92,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 24.220.384,51
5	Pelat <i>Precast</i> Tipe F	184,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 48.440.769,02
6	Pelat <i>Precast</i> Tipe G	276,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 72.661.153,53
7	Pelat <i>Precast</i> Tipe H	230,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 60.550.961,28
8	Pelat <i>Precast</i> Tipe I	92,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 24.220.384,51
9	Pelat <i>Precast</i> Tipe J	138,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 36.330.576,77
10	Pelat <i>Precast</i> Tipe K	46,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 12.110.192,26
11	Pelat <i>Precast</i> Tipe L	46,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 12.110.192,26
12	Pelat <i>Precast</i> Tipe M	92,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 24.220.384,51
13	Pelat <i>Precast</i> Tipe N	46,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 12.110.192,26
14	Pelat <i>Precast</i> Tipe O	46,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 12.110.192,26
15	Pelat <i>Precast</i> Tipe P	23,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 6.055.096,13
16	Pelat <i>Precast</i> Tipe Q	46,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 12.110.192,26
17	Pelat <i>Precast</i> Tipe R	69,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 18.165.288,38
18	Pelat <i>Precast</i> Tipe S	46,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 12.110.192,26
19	Pelat <i>Precast</i> Tipe T	46,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 12.110.192,26
20	Pelat <i>Precast</i> Tipe U	46,00	Unit	Rp 263.265,05	Rp 12.110.192,26
					Rp 508.628.074,73

A.III	<u>Pekerjaan Pemasangan (erection)</u>					
1	Pelat <i>Precast</i> Tipe A	46,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 44.163.229,64
2	Pelat <i>Precast</i> Tipe B	46,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 44.163.229,64
3	Pelat <i>Precast</i> Tipe C	276,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 264.979.377,83
4	Pelat <i>Precast</i> Tipe D	92,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 88.326.459,28
5	Pelat <i>Precast</i> Tipe F	184,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 176.652.918,55
6	Pelat <i>Precast</i> Tipe G	276,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 264.979.377,83
7	Pelat <i>Precast</i> Tipe H	230,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 220.816.148,19
8	Pelat <i>Precast</i> Tipe I	92,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 88.326.459,28
9	Pelat <i>Precast</i> Tipe J	138,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 132.489.688,91
10	Pelat <i>Precast</i> Tipe K	46,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 44.163.229,64
11	Pelat <i>Precast</i> Tipe L	46,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 44.163.229,64
12	Pelat <i>Precast</i> Tipe M	92,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 88.326.459,28
13	Pelat <i>Precast</i> Tipe N	46,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 44.163.229,64
14	Pelat <i>Precast</i> Tipe O	46,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 44.163.229,64
15	Pelat <i>Precast</i> Tipe P	23,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 22.081.614,82
16	Pelat <i>Precast</i> Tipe Q	46,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 44.163.229,64
17	Pelat <i>Precast</i> Tipe R	69,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 66.244.844,46
18	Pelat <i>Precast</i> Tipe S	46,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 44.163.229,64
19	Pelat <i>Precast</i> Tipe T	46,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 44.163.229,64
20	Pelat <i>Precast</i> Tipe U	46,00	Unit	Rp	960.070,21	Rp 44.163.229,64
						Rp 1.854.855.644,78
A.IV	<u>Pekerjaan Scaffolding</u>					
1	Pelat <i>Precast</i> Tipe A	44,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 22.412.396,96
2	Pelat <i>Precast</i> Tipe B	88,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 44.824.793,93
3	Pelat <i>Precast</i> Tipe C	200,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 101.874.531,65
4	Pelat <i>Precast</i> Tipe D	80,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 40.749.812,66
5	Pelat <i>Precast</i> Tipe F	24,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 12.224.943,80
6	Pelat <i>Precast</i> Tipe G	144,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 73.349.662,79
7	Pelat <i>Precast</i> Tipe H	216,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 110.024.494,18
8	Pelat <i>Precast</i> Tipe I	160,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 81.499.625,32
9	Pelat <i>Precast</i> Tipe J	64,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 32.599.850,13
10	Pelat <i>Precast</i> Tipe K	96,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 48.899.775,19
11	Pelat <i>Precast</i> Tipe L	28,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 14.262.434,43
12	Pelat <i>Precast</i> Tipe M	24,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 12.224.943,80
13	Pelat <i>Precast</i> Tipe N	40,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 20.374.906,33
14	Pelat <i>Precast</i> Tipe O	16,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 8.149.962,53
15	Pelat <i>Precast</i> Tipe P	16,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 8.149.962,53
16	Pelat <i>Precast</i> Tipe Q	32,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 16.299.925,06
17	Pelat <i>Precast</i> Tipe R	20,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 10.187.453,17
18	Pelat <i>Precast</i> Tipe S	36,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 18.337.415,70
19	Pelat <i>Precast</i> Tipe T	16,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 8.149.962,53
20	Pelat <i>Precast</i> Tipe U	20,00	Set	Rp	509.372,66	Rp 10.187.453,17
						Rp 694.784.305,85
A.V	<u>Pekerjaan Pembetonan Topping</u>					
1	Pekerjaan Pembesian Topping	1.028,47	m ²	Rp	202.421,15	Rp 208.184.280,40
2	Pekerjaan Pembetonan Topping 5 cm	1.182,74	m ³	Rp	1.117.553,13	Rp 1.321.776.636,53
						Rp 1.529.960.916,94

Tabel 4. 26 : Total Rincian Pekerjaan Pelat Pracetak

NO.	JENIS PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (Rp)
A.I	Pekerjaan Precast	Rp 2.783.144.350,73
A.II	Pekerjaan Langsir	Rp 396.056.874,73
A.III	Pekerjaan Pemasangan (erection)	Rp 1.457.894.044,78
A.IV	Pekerjaan Scaffolding	Rp 694.784.305,85
A.V	Pekerjaan Pembetonan Topping	Rp 1.529.960.916,94
TOTAL		Rp 6.861.840.493,03

Tabel 4. 27 : Biaya desain awal beton konvensional

Item Pekerjaan	Total Biaya
Beton Ready Mix	Rp 2.651.781.464
Pembesian	Rp 3.144.192.289
Bekisting	Rp 1.939.028.631
Total	Rp 7.735.002.383

4.3 Tahap Analisis Fungsi

4.3.1 Cost & Wort

Tahap berikutnya adalah analisis fungsi. Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi fungsi yang terdiri dari kata kerja aktif dan kata benda. Dalam tahap analisis fungsi yang dianalisis adalah pekerjaan struktur sekunder yakni pekerjaan pelat lantai sesuai dengan fokus VE pada tugas akhir ini. Selanjutnya analisis fungsi dikelompokkan serta diidentifikasi dalam bentuk tabel 4.6

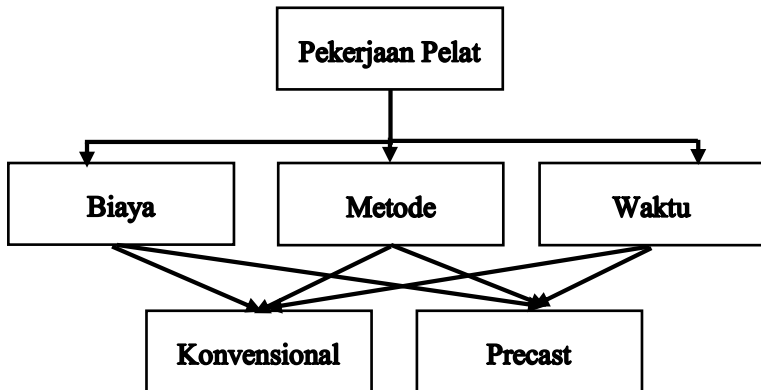
Tabel 4. 28 : Analisa Fungsi Pekerjaan Pelat

Proyek : Proyek Pembangunan Apartemen Tamansari Mahogany Karawang
 Tahapan : Tahap Analisis Fungsi
 Item Pekerjaan: Stuktur Sekunder (Pelat Lantai)
 Fungsi : Menahan atau Menerima dan Menyalurkan Beban

Komponen	Fungsi		Jenis Fungsi	Cost	Worth
	kata Kerja	Kata Benda			
Beton Ready Mix	Menahan	Beban	Primer	Rp 2.651.781.464	Rp 2.651.781.464
Pembesian	Menerima	Beban	Primer	Rp 3.144.192.289	Rp 3.144.192.289
Bekisting	Mencetak	Beton	Sekunder	Rp 1.939.028.631	Rp -
Total				Rp 7.735.002.383	Rp 5.795.973.752
C/W				1,33	

4.3.2 Analytical Hierarchy Process Pekerjaan Pelat

4.3.2.1 Pohon Hirarki



4.3.2.2 Pembobotan Kriteria

Pelat berfungsi untuk menerima beban terbagi rata yang selanjutnya diteruskan ke balok dan kemudian diteruskan ke kolom. Karena tingginya biaya pembangunan, dan keinginan untuk melakukan penghematan, maka faktor biaya menjadi faktor yang paling penting. Lama pengerjaan menjadi kriteria yang paling penting kedua, karena semakin

cepat bangunan selesai dibangun maka akan semakin cepat pula bangunan tersebut bisa segera digunakan sehingga menguntungkan kontraktor karena bisa segera mengerjakan proyek baru dan menguntungkan juga bagi pemilik karena bangunan bisa segera dipakai.

Tabel 4. 29 : Pembobotan Kriteria Pekerjaan Pelat

Tujuan	Biaya	Metode Pelaksanaan	Waktu Pelaksanaan
Biaya	1.00	5.00	5.00
Metode Pelaksanaan	0.20	1.00	0.33
Waktu Pelaksanaan	0.20	3.00	1.00
TOTAL	1.40	9.00	6.33

Pembobotan :

1. Dalam pembobotan mengacu pada nilai yang ada di tabel 2. 5 : Tabel Bobot Penilaian Kriteria.
2. Bobot terhadap kriteria yang sama nilainya 1 (Antara kriteria A dan B sama pentingnya).
3. Bobot biaya terhadap metode pelaksanaan 5 (Biaya lebih penting dibanding Metode Pelaksanaan).
4. Bobot biaya terhadap waktu pelaksanaan 5 (Biaya lebih penting dibanding Waktu Pelaksanaan).
5. Bobot metode pelaksanaan terhadap biaya 0,2 ($1/5$ dari bobot biaya terhadap metode pelaksanaan).
6. Bobot metode pelaksanaan terhadap waktu pelaksanaan 0,33 ($1/3$ dari bobot waktu pelaksanaan terhadap metode pelaksanaan).
7. Bobot waktu pelaksanaan terhadap biaya 0,2 ($1/5$ dari bobot biaya terhadap waktu pelaksanaan).

8. Bobot waktu pelaksanaan terhadap metode pelaksanaan 3 (waktu pelaksanaan sedikit lebih penting dibanding waktu pelaksanaan).

Untuk sintesa pembobotan kriteria pekerjaan pelat bisa dilihat pada tabel 4.29

Tabel 4. 30 : Sintesa Pembobotan Kriteria Pekerjaan Pelat

Tujuan	Biaya	Metode Pelaksanaan	Waktu Pelaksanaan	Bobot
Biaya	0.71	0.56	0.79	0.69
Metode Pelaksanaan	0.14	0.11	0.05	0.10
Waktu Pelaksanaan	0.14	0.33	0.16	0.21
TOTAL	1.00	1.00	1.00	1.00

Sintesa pembobotan kriteria pekerjaan pelat adalah hasil dari bobot A terhadap B yang dibagi dengan nilai Total, sehingga didapatkan nilai bobot dari kriteria yang ada. Setelah diketahui bobot dari kriteria yang ada maka selanjutnya dilakukan penilaian alternatif menurut bobot kriteria.

4.3.2.3 Penilaian Alternatif Menurut Bobot Kriteria

Untuk pembobotan alternatif pekerjaan pelat berdasarkan kriteria biaya bisa dilihat ditabel 4.30.

Tabel 4. 31 : Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Biaya

Tujuan	Desain Awal	Desain Precast
Desain Awal	1.00	0.20
Desain Precast	5.00	1.00
TOTAL	6.00	1.20

Pembobotan :

1. Dalam pembobotan mengacu pada nilai yang ada di tabel 2. 5 : Tabel Bobot Penilaian Kriteria.
2. Bobot terhadap kriteria yang sama nilainya 1 (Antara kriteria A dan B sama pentingnya).
3. Bobot desain precast terhadap desain awal 5 (desain precast lebih penting dibanding desain awal).
4. Bobot desain awal terhadap desain awal 0,2 (1/5 dari bobot desain awal terhadap desain precast).

Untuk sintesa pembobotan alternatif pekerjaan pelat berdasarkan kriteria biaya bisa dilihat ditabel 4.31.

Tabel 4. 32 : Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Berdasarkan Kriteria Biaya

Tujuan	Desain Awal	Desain Precast	Bobot
Desain Awal	0.17	0.17	0.167
Desain Precast	0.83	0.83	0.833
TOTAL	1.00	1.00	1.00

Sintesa pembobotan sintesa pembobotan alternatif pekerjaan berdasarkan kriteria biaya adalah hasil dari bobot A terhadap B yang dibagi dengan nilai Total, sehingga didapatkan nilai bobot dari alternatif kriteria yang ada.

Untuk pembobotan alternatif pekerjaan pelat berdasarkan kriteria metode pelaksanaan bisa dilihat ditabel 4.32.

Tabel 4. 33 : Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat
Berdasarkan Kriteria metode pelaksanaan

Tujuan	Desain Awal	Desain Precast
Desain Awal	1.00	0.20
Desain Precast	5.00	1.00
TOTAL	6.00	1.20

Pembobotan :

1. Dalam pembobotan mengacu pada nilai yang ada di tabel 2. 5 : Tabel Bobot Penilaian Kriteria.
2. Bobot terhadap kriteria yang sama nilainya 1 (Antara kriteria A dan B sama pentingnya).
3. Bobot desain precast terhadap desain awal 5 (desain precast lebih penting dibanding desain awal).
4. Bobot desain awal terhadap desain awal 0,2 (1/5 dari bobot desain awal terhadap desain precast).

Untuk sintesa pembobotan alternatif pekerjaan pelat berdasarkan kriteria metode pelaksanaan bisa dilihat ditabel 4.33.

Tabel 4. 34 : Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Berdasarkan Kriteria Metode Pelaksanaan

Tujuan	Desain Awal	Desain Precast	Bobot
Desain Awal	0.17	0.17	0.167
Desain Precast	0.83	0.83	0.833
TOTAL	1.00	1.00	1.00

Sintesa pembobotan sintesa pembobotan alternatif pekerjaan berdasarkan kriteria metode pelaksanaan adalah hasil dari bobot A terhadap B yang dibagi dengan nilai Total, sehingga didapatkan nilai bobot dari alternatif kriteria yang ada.

Untuk pembobotan alternatif pekerjaan pelat berdasarkan kriteria waktu pelaksanaan bisa dilihat ditabel 4.34.

Tabel 4. 35 : Pembobotan Alternatif Pekerjaan Pelat Berdasarkan Kriteria Waktu Pelaksanaan

Tujuan	Desain Awal	Desain Precast
Desain Awal	1.00	0.20
Desain Precast	5.00	1.00
TOTAL	6.00	1.20

Pembobotan :

1. Dalam pembobotan mengacu pada nilai yang ada di tabel 2. 5 : Tabel Bobot Penilaian Kriteria.
2. Bobot terhadap kriteria yang sama nilainya 1 (Antara kriteria A dan B sama pentingnya).
3. Bobot desain precast terhadap desain awal 5 (desain precast lebih penting dibanding desain awal).
4. Bobot desain awal terhadap desain awal 0,2 (1/5 dari bobot desain awal terhadap desain precast).

Untuk sintesa pembobotan alternatif pekerjaan pelat berdasarkan kriteria waktu pelaksanaan bisa dilihat ditabel 4.35.

Tabel 4. 36 : Sintesa Pembobotan Alternatif Pekerjaan Berdasarkan Kriteria Waktu Pelaksanaan

Tujuan	Desain Awal	Desain Precast	Bobot
Desain Awal	0.17	0.17	0.167
Desain Precast	0.83	0.83	0.833
TOTAL	1.00	1.00	1.00

Sintesa pembobotan sintesa pembobotan alternatif pekerjaan berdasarkan kriteria waktu pelaksanaan adalah hasil dari bobot A terhadap B yang dibagi dengan nilai Total, sehingga didapatkan nilai bobot dari alternatif kriteria yang ada.

4.3.2.3 Sintesa Penilaian Alternatif Dengan Kriteria

Dari hasil sintesa penilaian alternatif dengan kriteria didapatkan hasil perhitungan AHP, dimana alternatif yang memiliki nilai tertinggi menjadi alternatif yang terbaik.

Tabel 4. 37 : Hasil AHP Alternatif Pekerjaan Pelat

Tujuan	Bobot	Desain Awal	Desain Precast
Biaya Pelaksanaan	0.686	0.114	0.572
Metode Pelaksanaan	0.102	0.017	0.085
Waktu Pelaksanaan	0.211	0.035	0.176
Total	1.000	0.167	0.833
Presentase		17%	83%

Hasil AHP menunjukan desain precast memiliki bobot 83% yang berarti menjadi desain alternatif yang lebih efisien dibandingkan dengan desain awal yang memiliki bobot 17%.

4.4 Tahap Pengembangan

Tahap pengembangan ini yang dibahas adalah analisa LCC (*Life Cycle Cost*). Dalam analisa LCC yang diperlukan antara lain adalah biaya awal, biaya perawatan, biaya penggantian dan nilai sisa. Semua biaya kemudian ditarik kembali kepada biaya sekarang. Biaya perawatan pada beton konvensional sebesar 1 % / 2 tahun, sedangkan pada beton *precast* sebesar 1,5 % / 2 tahun. Biaya penggantian pada beton konvensional sebesar 2%/5 tahun, sedangkan pada beton konvensional sebesar 2,5%/ 5 tahun. Total biaya merupakan total biaya dari pekerjaan desain awal dan desain alternatif.

Tabel 4. 38 :Analisa LCC (*Life Cycle Cost*) desain awal

Jenis Biaya	Biaya Desain Awal
Biaya Awal	Rp 7.735.002.383
Biaya Perawatan Sebesar 1 % / 2 Tahun	Rp 1.160.250.357
Biaya Penggantian Sebesar 2 % / 5 Tahun	Rp 928.200.286
Nilai Sisa	Rp -
Total PV	Rp 9.823.453.026

Tabel 4. 39 : Analisa LCC (*Life Cycle Cost*) desain

Jenis Biaya	Biaya Desain Awal
Biaya Awal	Rp 6.861.840.493
Biaya Perawatan Sebesar 1,5 % / 2 Tahun	Rp 1.543.914.111
Biaya Penggantian Sebesar 2,5 % / 5 Tahun	Rp 1.029.276.074
Nilai Sisa	Rp -
Total PV	Rp 9.435.030.678

Tabel 4. 40 : Rekapitulasi LCC Item Pekerjaan Pelat Lantai

Total Biaya Item Pekerjaan Pelat Lantai	
Desain Awal (Konvensional)	Desain Alternatif (Half Slab Precast)
Rp 9.823.453.026,43	Rp 9.435.030.677,92

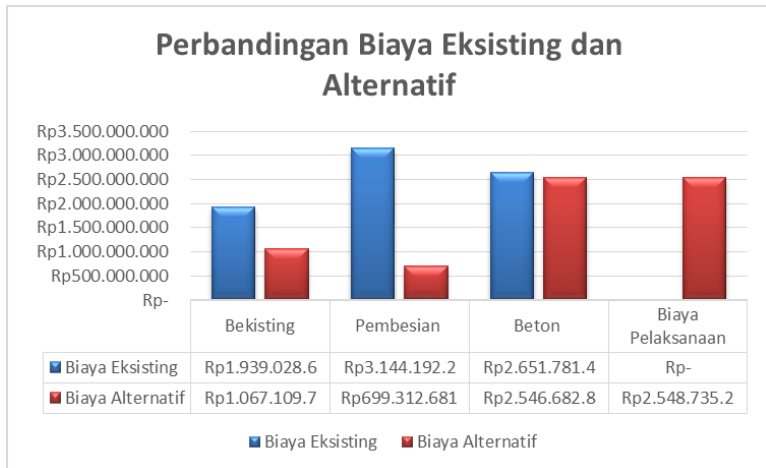
4.4.1 Selisih Biaya Eksisting Dengan Alternatif

Setelah tahap kreatif yang didalamnya dilakukan perhitungan akan biaya pelaksanaan dan dilanjutkan dengan tahap Pengembangan dimana perhitungan LCC (*Life Cycle Cost*) pada desain usulan *half slab precast*. Maka diperhitungkan selisih biaya dari desain eksisting dengan desain usulan, sehingga diketahui penghematan yang terjadi pada proses *Value Engineering* pada lantai 3-25 gedung apartemen Tower 1 Taman Apsari Mahogany ini mendapatkan penghematan atau justru kebalikannya. Rekapitulasi biaya dapat dilihat pada tabel 4.29 dibawah ini.

Tabel 4. 41 : Rekapitulasi biaya eksisting dan alternatif

No	Jenis pekerjaan	Biaya Eksisting	Biaya Alternatif
1	Bekisting	Rp 1.939.028.631	Rp 1.067.109.717
2	Pembesian	Rp 3.144.192.289	Rp 699.312.681
3	Beton	Rp 2.651.781.464	Rp 2.546.682.870
4	Biaya Pelaksanaan	Rp -	Rp 2.548.735.225
Total		Rp 7.735.002.383	Rp 6.861.840.493
Penghematan		Rp873.161.890	
Presentase		11,29%	

Setelah dianalisa perbandingan antara biaya eksisting pekerjaan pelat lantai dengan metode konvensional yang membutuhkan biaya sebesar Rp. 7.735.002.383, dibandingkan dengan biaya alternatif dimana diusulkan menggunakan desain *half slab precast* yang membutuhkan biaya sebesar Rp. 6.861.840.493. sehingga mendapatkan penghematan sebesar Rp. 873.161.890 atau sebesar 11,29 % dari desain eksisting yakni pelat lantai konvensional.

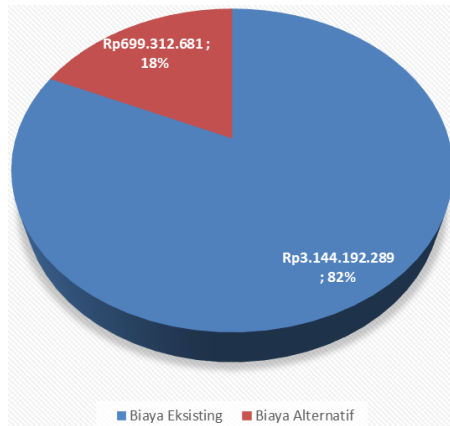


Gambar 4. 20 : Grafik penghematan biaya pekerjaan pelat lantai



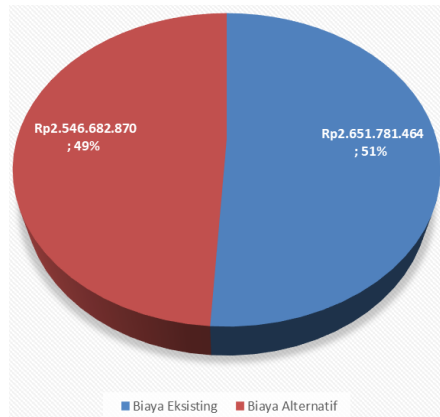
Gambar 4. 21 : Penghematan pekerjaan bekisting

Dapat dilihat pada gambar 4.16 penghematan pekerjaan bekisting menghemat sebesar 45 %, karena memakai bekisting baja untuk pelat *precast*.



Gambar 4. 22 : Penghematan pekerjaan pembesian

Dalam perhitungan pekerjaan pembesian yang diperhitungkan dalam pekerjaan *half slab precast* adalah pekerjaan pembesian *half slab precast* itu sendiri dan penulangan untuk topping beton. Dalam gambar 4.17 penghematan pekerjaan pembesian sebesar 78% dari biaya pembesian pelat konvensional.



Gambar 4. 23

Pekerjaan yang dibandingkan selanjutnya adalah pekerjaan beton. Pada pekerjaan beton ini hanya menghemat 4 % dari pekerjaan beton eksisting, dengan mutu beton yang sama seperti yang ada pada spesifikasi teknis pelat konvensional dengan mutu K-300 (29,05 Mpa).

4.5 Tahap Rekomendasi

Tahap terakhir dari *Value Engineering* adalah tahap rekomendasi yang merupakan penarikan kesimpulan dari tahapan-tahapan yang telah dilakukan mulai dari tahap informasi, tahap analisis fungsi, tahap kreatif dan tahap pengembangan dan terakhir adalah tahap rekomendasi.

Dalam proses sebelum tahap rekomendasi adalah tahap pengembangan dimana diketahui ada penghematan yang terjadi akibat desain usulan *half slab precast* sebesar 11,29 % dari biaya metode konvensional yang ada. Maka dari itu pada tahap rekomendasi ini akan dilakukan suatu pertimbangan lagi yang dilihat dari segi pengerjaan apakah dari desain usulan ini mempunyai banyak keuntungan atau kerugian.

4.5.1 Desain Eksisting

Pada desain awal untuk item pekerjaan pelat lantai 3 sampai 25 Proyek Pembangunan Apartemen Tamansari Mahogany, menggunakan spesifikasi teknis sebagai berikut:

- Mutu Beton ($f'c$) = 29,05 Mpa (K-350)
- Mutu Baja (f_y) = 400 Mpa
- Tebal Pelat = 12 cm
- Diameter Tulangan = 10 mm

Desain eksisting dikerjakan secara manual atau konvensional dengan kontraktor dengan peralatan dan SDM yang dimiliki.

4.5.2 Desain Usulan

Desain usulan pada *Value Engineering* adalah desain *half slab precast*.

Proyek	: Proyek Pembangunan Apartemen Tamansari Mahogany Karawang		
Item Pekerjaan	: Pelat Lantai 3 Sampai Lantai 25		
Desain Awal			
Pelat Lantai Cor ditempat (Cast Insitu)			
Mutu Beton	: F'c 29,05 Mpa (K-350)		
Mutu Besi	: Fy 400 Mpa (D7)		
Desain Usulan			
Pelat Lantai Half Slab Precast			
Mutu Beton	: F'c 29,05 Mpa (K-350)		
Mutu Besi	: Fy 400 Mpa (D8)		
Penghematan			
Menggunakan Desain Usulan Didapatkan Penghematan Biaya Material Sebesar			
Bekisting	Rp 1.067.109.717	Presentase	45%
Pembesian	Rp 699.312.681	Presentase	78%
Beton	Rp 2.546.682.870	Presentase	4%
Penghematan Biaya Pelaksanaan Dari Seluruh Aspek Yang diTinjau Sebesar			
Total	Rp 873.161.890	Presentase	11%

4.6 Metode Pelaksanaan

4.6.1 Umum

Pada pembahasan tugas akhir ini yang berkaitan dengan metode pelaksanaan *half slab precast* yang dibahas hanya pada item tersebut. Tahap metode pelaksanaan ini akan diuraikan tahapan demi tahapan yang dilalui, proses pekerjaan yang dilakukan meliputi :

1. Proses Fabrikasi
2. Proses Penyimpanan
3. Proses Pengangkatan
4. Proses Pemasangan
5. Proses Pengecoran (Topping)
6. Proses Perawatan

4.6.2 Proses Fabrikasi

Tahap pertama dalam metode pelaksanaan *half slab precast* adalah fabrikasi, proses fabrikasi yaitu proses pembuatan komponen pracetak, dalam hal ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan demi efisiensi biaya dan menjaga mutu dari *half slab precast*. Beberapa hal itu adalah :

1. Pada pembuatan *half slab precast* harus sesuai dengan perencanaan yang telah disetujui dan disepakati.
2. Lokasi fabrikasi memiliki lahan yang cukup luas dan lingkungan yang bersih dari material non-struktural.
3. Bekisting pada saat pengecoran komponen pracetak harus disediakan sesuai dengan desain yang telah ditentukan.
4. Pemilihan material harus sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah disepakati

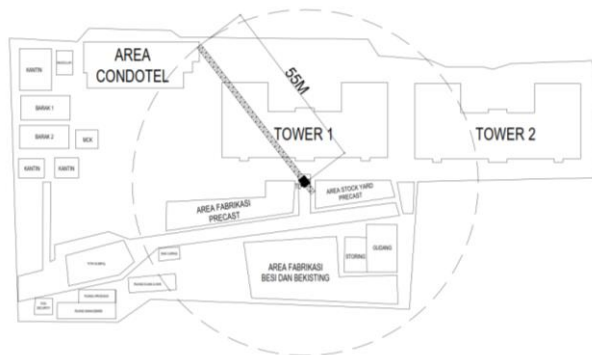
4.6.4 Proses Pengangkatan

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengangkatan elemen *half slab precast* antara lain :

1. Kemampuan maksimum crane yang digunakan
2. Metode pengangkatan
3. Letak titik-titik angkat pada elemen pracetak

Untuk penentuan titik angkat telah dibahas pada bab-bab sebelumnya. Dalam perencanaan ini memakai tower crane untuk pengangkatan elemen pracetak dari tempat produksi ke tempat penyimpanan dan dari tempat penyimpanan ke lokasi pelat pracetak dipasang.

Pemilihan jenis tower crane disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak. Diketahui untuk komponen pelat pracetak untuk berat tertinggi adalah 2,34 ton tipe pelat B dengan dimensi 2,1 m x 5,8 m. sehingga untuk tower crane yang dipilih adalah model PIENER SK 575 Hammerhead Tower Crane dengan jarak jangkauan maksimum 55m dan beban maksimum 1 ton diujung, spesifikasi lebih detail dilampiran.



Gambar 4. 26 : Jangkauan Tower Crane

Metode pelaksanaan pemasangan tower crane yang dilakukan dilapangan adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 27 : *Tower Crane*

Pada pekerjaan struktur atas PT. WIKA Gedung menggunakan *Tower Crane* untuk memudahkan mengangkat material-material pada elevasi ketiggian yang saat lantai demi lantai telah selesai dibangun dengan kapasitas beban maksimum 1.5 T.

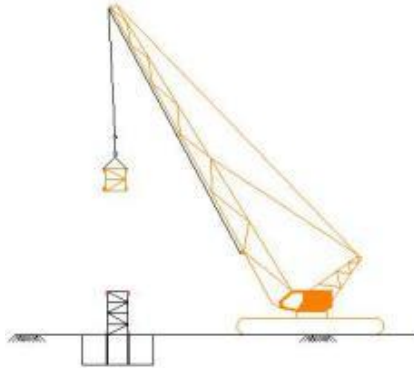
Langkah-langkah Pemasangan *Tower Crane* :

1. Penanaman *fine angle* dan *base section* kedalam lubang pondasi, kemudian di-cor.



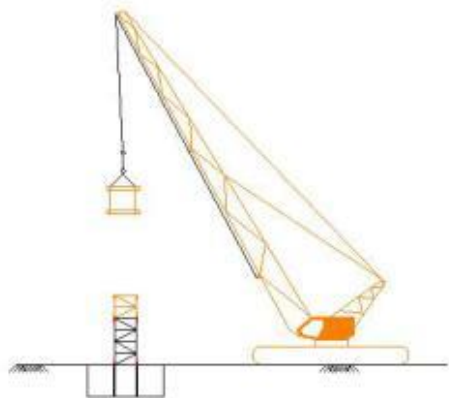
Gambar 4. 28 : Pemasangan *fine angle* dan *base section*

2. Pemasangan *mast section* awal menggunakan *mobile crane*.



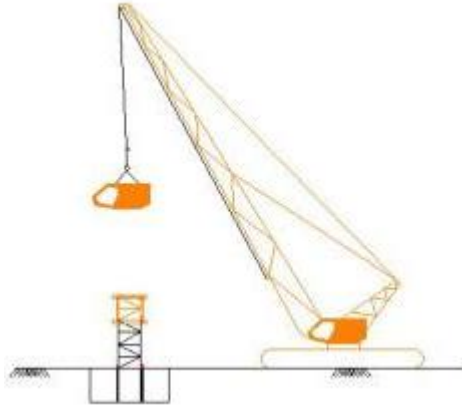
Gambar 4. 29 : Pemasangan *Mast Section*

3. Kemudian pemasangan *climbing crane* yang digunakan untuk “*self assembly*”.



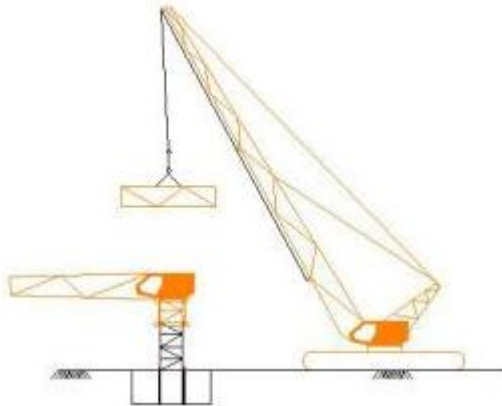
Gambar 4. 30 : Pemasangan *Climbing Crane*

4. Pemasangan kabin diatas *climbing crane*.



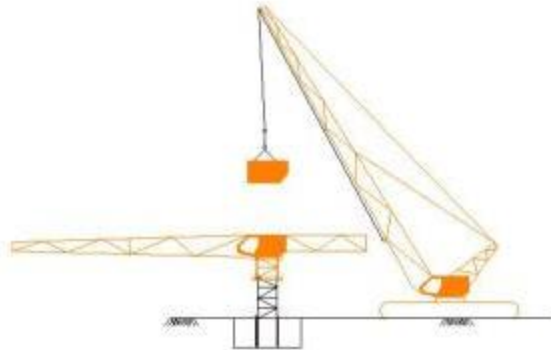
Gambar 4. 31 : Pemasangan Kabin

5. Pemasangan *boom* dan *counter jib*

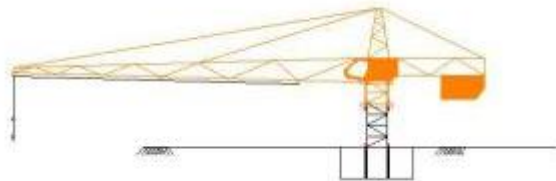


Gambar 4. 32 : Pemasangan *Boom* dan *Counter Jib*

6. Pemasangan *counter weight* (beban penyeimbang)



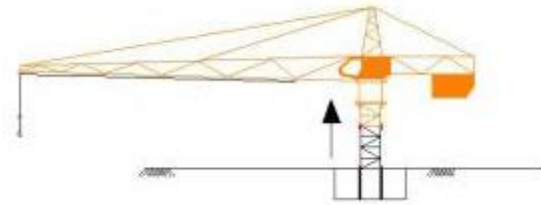
Gambar 4. 33 : Pemasangan *Counter Weight* Tahap 1



Gambar 4. 34 : Pemasangan *Counter Weight* Tahap 2

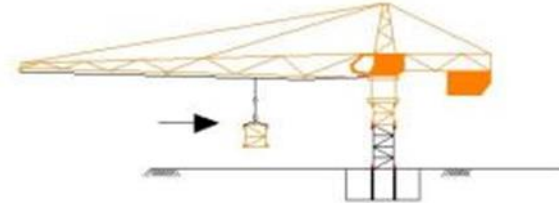
Setelah semua bagian terpasang, pada saat akan menaikkan ketinggian menyesuaikan dengan ketinggian bangunan, tahapan selanjutnya adalah:

1. *Climbing crane* akan mengangkat kabin keatas sehingga terdapat ruang kosong diantara kabin dan *mast section*.



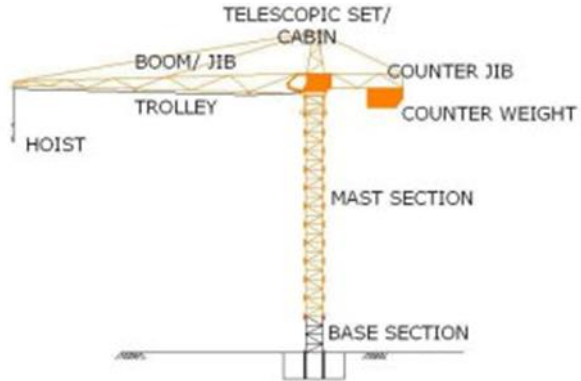
Gambar 4. 35 : Menaikkan Kabin *Tower Crane*

2. Kemudian *boom* mengangkat sebuah *mast section* untuk kemudian diletakkan pada rung kosong tadi.



Gambar 4. 36 : Meletakkan *Mast Section* ke Ruang Kosong

3. Proses diulang terus hingga ketinggian *Tower Crane* sesuai dengan ketinggian yang diinginkan.



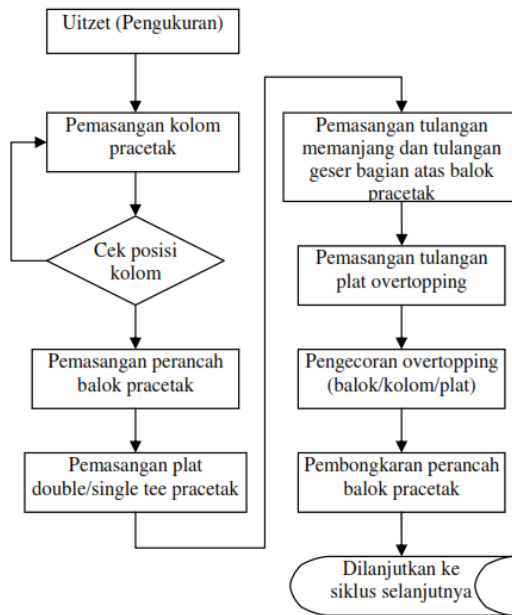
Gambar 4. 37 : Tower Crane yang Sudah Jadi

Demikian tahapan-tahapan secara umum bagaimana *Tower Crane* bisa naik dan menyesuaikan dengan ketinggian bangunan.

4.6.5 Proses Pemasangan

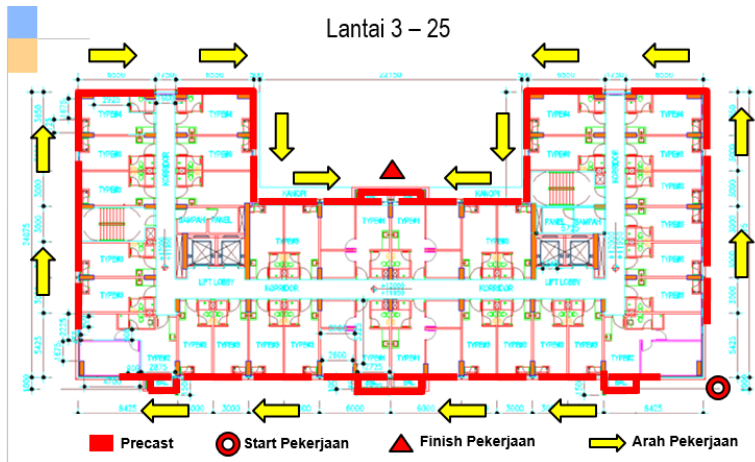
Proses selanjutnya adalah proses pemasangan. Dalam proses pemasangan elemen-elemen pracetak harus direncanakan tahapan-tahapan pemasangan serta dianalisis perilaku beban-beban yang terjadi selama proses *erection*, untuk analisa proses ini sudah dibahas dibab-bab sebelumnya.

Secara umum proses *erection* elemen-elemen praceak pada pelaksanaan pembangunan gedung tingkat tinggi merupakan suatu perulangan/*repetitif* dari proses *erection* tiap lantai. Adapun proses *erection* dapat dilihat pada gambar .

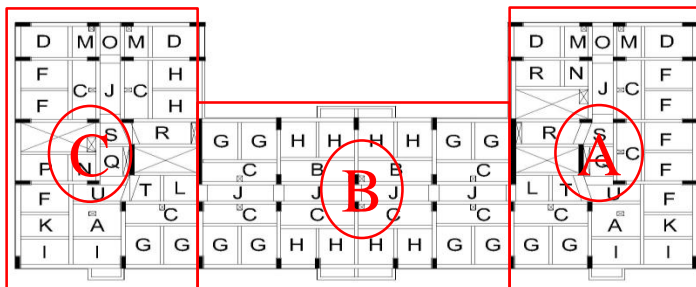


Gambar 4. 38 : Siklus proses *erection* elemen pracetak pada stuktur gedung tingkat tinggi

Siklus Horizontal

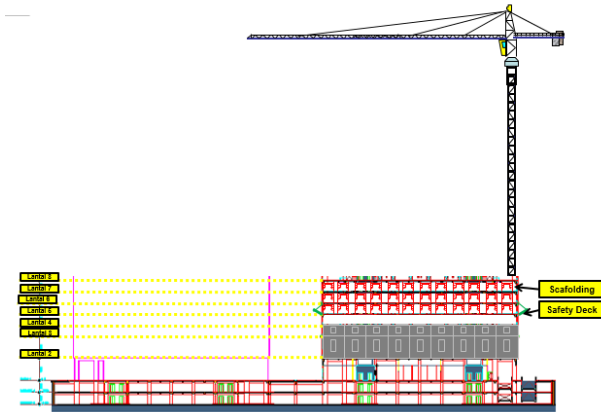


Gambar 4. 39 : Siklus *Horizontal* Pemasangan

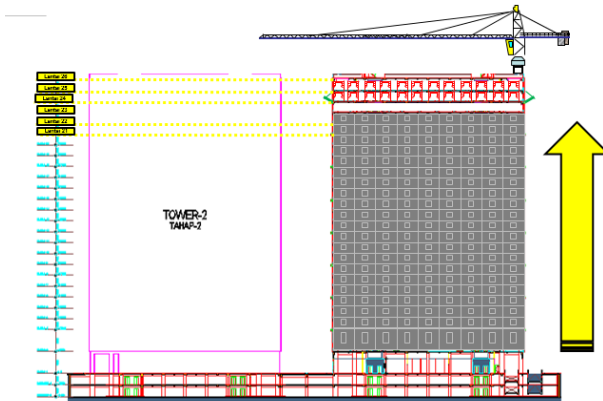


Gambar 4. 40 : Zona Pekerjaan Pelat *Precast*

Siklus Vertikal



Gambar 4. 41 : Siklus Vertikal Pemasangan Pelat *Precast* (Lantai 3-25)



Gambar 4. 42 : Pemasangan Sampai Lantai 25

4.7 K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja)

Keselamatan kerja merupakan salah satu aspek yang sangat penting bagi berlangsungnya suatu proyek konstruksi, sehingga dalam hal ini penyusunan proyek akhir menerapkan kebijakan keselamatan kerja yang berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 05/Men/1996, tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). Dalam hal ini menerapkan kebijakan kepada setiap individu yang berada dilingkungan kerja baik pekerja maupun tamu wajib menggunakan standar Alat Pangaman Diri (APD) seperti helm pelindung kepala, *safety shoes*, *body harnes*, rompi/*vest* dan perangkat lain sesuai dengan tingkat risiko pekerjaan, sehingga resiko kecelakaan kerja bisa dapat dikendalikan.

Dalam rangka mengembangkan pencapaian K3, berikut merupakan beberapa kebijakan yang ditetapkan antara lain:

1. Menjamin Keselamatan dan Kesehatan Kerja Tenaga Kerja dan orang lain (kontraktor, pemasok, pengunjung dan tamu) di tempat kerja.
2. Memenuhi semua peraturan perundang-undangan pemerintah yang berlaku dan persyaratan lainnya yang berkaitan dengan penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di tempat kerja.
3. Melakukan perbaikan berkelanjutan terhadap Sistem Manajemen dan Kinerja K3 guna meningkatkan Budaya K3 yang baik di tempat kerja.

Sehingga diharapkan kebijakan tersebut dapat mewujudkan komitmen K3 yaitu menciptakan lingkungan kerja yang sehat dan tercapainya zero accident khususnya pada pekerjaan *half slab precast*. Prinsip-prinsip kerja sesuai ketentuan K3 di lingkungan proyek antara lain yaitu :

4.7.1 Kelengkapan Administrasi K3

Setiap pelaksanaan pekerjaan konstruksi wajib memenuhi kelengkapan administrasi K3, meliputi:

1. Pendaftaran proyek ke departemen tenaga kerja setempat.
2. Pendaftaran dan pembayaran asuransi tenaga kerja (Astek).
3. Pendaftaran dan pembayaran asuransi lainnya, bila disyaratkan proyek.
4. Ijin dari kantor kimpraswil tentang penggunaan jalan atau jembatan yang menuju lokasi untuk lalu-lintas alat berat.
5. Keterangan layak pakai untuk alat berat maupun ringan dari instansi yang berwenang memberikan rekomendasi.
6. Pemberitahuan kepada pemerintah atau lingkungan setempat.

4.7.2 Penyusunan *Safety Plan*

Safety plan adalah rencana pelaksanaan K3 untuk proyek yang bertujuan agar dalam pelaksanaan nantinya proyek akan aman dari kecelakaan dan bahaya penyakit sehingga menghasilkan produktivitas kerja yang tinggi. *Safety plan* berisi :

- Tata cara pengoperasian peralatan
- Alamat instansi terkait: Rumah sakit, Polisi, Depnaker, Dinas Pemadam kebakaran

- Gambaran proyek dan pokok perhatian untuk kegiatan K3



Gambar 4. 43 : Papan Peringatan Penggunaan APD Pada Pintu Masuk Proyek Apartemen Tamansari *Mahogany*

- Risiko kecelakaan dan pencegahannya



Gambar 4. 44 : Penggunaan APD Pada Pekerja

4.7.3 Pelaksanaan Kegiatan K3 di Lapangan

1. Pelaksanaan kegiatan K3, meliputi:
Kegiatan K3 di lapangan berupa pelaksanaan safety plan, melalui kerja sama dengan instansi yang terkait K3, yaitu depnaker, polisi dan rumah sakit.
2. Pengawasan pelaksanaan K3, meliputi kegiatan:
Safety patrol, yaitu suatu tim K3 yang terdiri dari 2 atau 3 orang yang melaksanakan patroli untuk mencatat hal-hal yang tidak sesuai ketentuan K3 dan yang memiliki risiko kecelakaan.
3. Safety supervisor; adalah petugas yang ditunjuk manajer proyek untuk mengadakan pengawasan terhadap pelaksanaan pekerjaan dilihat dari segi K3.
4. Safety Morning Talk yaitu rapat atau pembelajaran dalam proyek yang membahas hasil laporan safety patrol maupun safety supervisor agar disampaikan kepada para pekerja mengenai safety plan.
5. Pelaporan dan penanganan kecelakaan, terdiri dari:
 - Pelaporan dan penanganan kecelakaan ringan
 - Pelaporan dan penanganan kecelakaan berat
 - Pelaporan dan penanganan kecelakaan dengan korban meninggal.
 - Pelaporan dan penanganan kecelakaan peralatan berat

4.7.4 Pelatihan Program K3

Pelatihan program K3 yang terdiri atas 2 bagian, yaitu :

1. Pelatihan secara umum, dengan materi pelatihan tentang panduan K3 di proyek, misalnya:
 - Pedoman praktis pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja pada proyek bangunan gedung
 - Penanganan, penyimpanan dan pemeliharaan material
 - Keselamatan dan kesehatan kerja dalam pekerjaan sipil
 - Keselamatan dan kesehatan kerja dalam pekerjaan *finishing* luar
 - Keselamatan dan kesehatan kerja dalam pekerjaan *finishing* dalam
 - Keselamatan dan kesehatan kerja dalam pekerjaan bekisting
 - Keselamatan dan kesehatan kerja dalam pekerjaan pembesian
 - Keselamatan dan kesehatan kerja dalam pekerjaan struktur khusus
 - Keselamatan dan kesehatan kerja dalam pekerjaan pembeconan
 - Keselamatan dan kesehatan kerja dalam pekerjaan pondasi *pile*
 - Keselamatan dan kesehatan kerja dalam pekerjaan pembongkaran
 - Pelatihan khusus proyek, yang diberikan pada saat awal proyek dan di tengah periode pelaksanaan proyek sebagai penyegaran, dengan peserta seluruh petugas yang terkait dalam pengawasan proyek, dengan materi tentang pengetahuan umum tentang K3 atau *safety plan* proyek yang bersangkutan.

4.7.5 Perlengkapan dan Peralatan K3

Perlengkapan dan peralatan penunjang program K3, meliputi :

1. Promosi program K3, yang terdiri dari :
 - Pemasangan bendera K3, bendera perusahaan
 - Pemasangan *sign-board* K3 yang berisi antara lain slogan-slogan yang meningkatkan perlunya bekerja dengan selamat.



Gambar 4. 45 : Komitmen mutu K3L & 5R



Gambar 4. 46 : *Safety morning* pada proyek Tamansari Mahogany

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari analisis value engineering yang dilakukan pada item pekerjaan pelat lantai dengan alternatif desain menggunakan half slab precast pada Proyek Pembangunan Apartemen Tamansari Mahogany Karawang pada tinjauan pelat lantai 3 sampai 15 dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa cost/worth pada analisa value engineering didapatkan hasil $1,33 > 1$. Berarti alternatif yang diusulkan menunjukkan adanya penghematan walau dan biaya. (Lihat Bab IV, 4.2. analisa fungsi, hal. 143)
2. Aplikasi value engineering pada pekerjaan pelat lantai dengan gagasan desain alternatif menggunakan half slab precast, setelah dilakukan analisis menghasilkan suatu biaya pelaksanaan sebagai berikut:

Tabel 5. 1 : hasil kesimpula dari Ve

No	Jenis pekerjaan	Biaya Eksisting	Biaya Alternatif
1	Bekisting	Rp 1.939.028.631	Rp 1.067.109.717
2	Pembesian	Rp 3.144.192.289	Rp 699.312.681
3	Beton	Rp 2.651.781.464	Rp 2.546.682.870
4	Biaya Pelaksanaan	Rp -	Rp 2.548.735.225
Total		Rp 7.735.002.383	Rp 6.861.840.493
Penghematan		Rp873.161.890	
Presentase		11,29%	

5.2 Saran

Analisa *value enggineering* yang dianalisa pada tugas akhir ini masih menggunakan harga HSPK dari wilayah yang ditinjau, untuk hasil yang lebih valid bisa menggunakan harga yang sama saat kontraktor melakukan penawaran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2012). Tata Cara Perencanaan Beton Pracetak Dan Beton Prategang Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2012). Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak Untuk Konstruksi Bangunan Gedung. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2013). Beban minimum untuk perancangan bangunan. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2013). Persyaratan beton struktural untuk bangunan. Jakarta : BSN.

Irawan, D. (2017). Model Sambungan Antar Pelat Beton Pracetak Pada Sistem Half Slab Precast Dua Arah.

Labombang, M. (2007). SMARTeK. Penerapan Rekayasa Nilai (Value Engineering) Pada Konstruksi Bangunan Gedung.

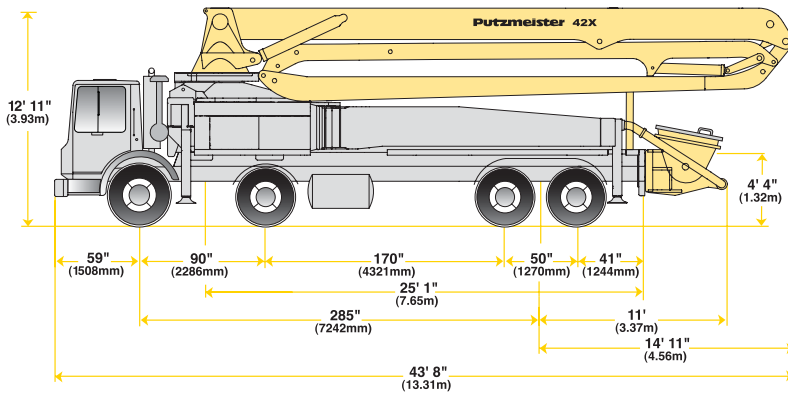
PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 7th. (2010). USA.

Prastowo, E. B. (2012). Analisa Penerapan Value Engineering (VE) Pada Proyek Konstruksi Menurut Presepsi Kontraktor dan Konsultan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Specifications

42X-Meter Concrete Pump



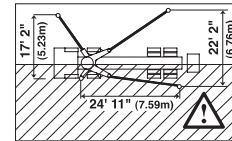
Truck-Mounted Specifications

Based on Model Mack MR 688S
with .16H pump cell.

Length	43' 8"	(13.31m)
Width	8' 2"	(2.50m)
Height	12' 11"	(3.93m)
Wheelbase	285"	(7242mm)
Front axle weight	35,915 lbs	(16,305kg)
Rear axle weight	39,675 lbs	(18,012kg)
Approx total weight	75,590 lbs	(34,318kg)

Weights are approximate and include pump, boom, truck, full hydraulic oil, driver and full fuel. Varies with options selected.

Dimensions will vary with different truck makes, models and specifications.



With One-Sided Support (OSS)

Boom Specifications • Roll-and-Fold Design

Height & Reach

Vertical reach	136' 10"	(41.70m)
Horizontal reach	124' 8"	(38.00m)
Reach from front of truck* (net reach)	115' 9"	(35.30m)
Reach depth	92' 9"	(28.29m)
Unfolding height	32' 6"	(9.90m)

4-Section Boom

1st section articulation	99°
2nd section articulation	180°
3rd section articulation	180°
4th section articulation	255°

1st section length	33' 4"	(10.16m)
2nd section length	30' 10"	(9.40m)
3rd section length	30' 2"	(9.19m)
4th section length	30' 4"	(9.25m)

General Specs

Pipeline size (ID) metric ends	5"	(125mm)
with couplings	5.5"	(140mm)
Rotation		365°
End hose-length (heavy-duty)	10'	(3m)
End hose-diameter	5"	(125mm)
Outrigger spread L-R-front	26' 1"	(7.95m)
telescopic diagonal		
Outrigger spread L-R-rear	29' 6"	(9.00m)
swing-out		

Pump Specifications

42X.16H

42X.20H

Output- rod side	210 yd ³ /hr	(160m ³ /hr)	—
piston side	146 yd ³ /hr	(112m ³ /hr)	260 yd ³ /hr (200m ³ /hr)
Pressure- rod side	1233 psi	(85 bar)	—
piston side	1885 psi•	(130 bar)•	1233 psi (85 bar)
Concrete cylinder diameter	9"	(230mm)	11" (280mm)
Stroke length	83"	(2100mm)	83" (2100mm)
Max strokes per minute-			
rod side	31	—	—
piston side	21	—	26
Volume control	0-Full	—	0-Full
Vibrator	Standard	—	Standard
Hard chromed concrete cylinders	Standard	—	Standard
Hydraulic system	Free Flow	—	Free Flow
Hydraulic system pressure	5075 psi	(350 bar)	5075 psi (350 bar)
Differential cylinder diameter	5.5"	(140mm)	5.5" (140mm)
Rod diameter	3.1"	(80mm)	3.1" (80mm)
Maximum size aggregate	2.5"	(63mm)	2.5" (63mm)
Water tank - pedestal	40 gal	(150L)	40 gal (150L)
- outrigger	145 gal	(550L)	145 gal (550L)

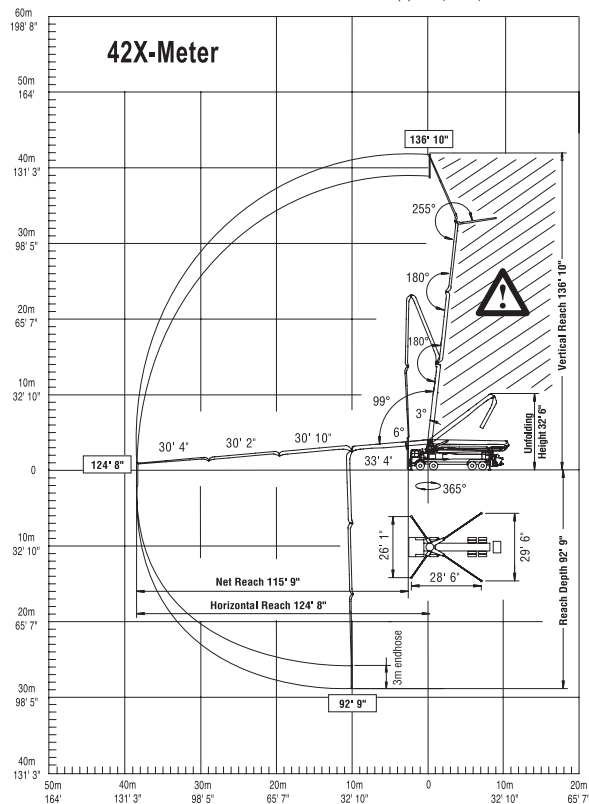
Maximum theoretical values listed.

* Applies to units mounted on PMA stock truck-Mack MR 688S

• Standard delivery line system rated at max line pressure of 1233 psi (85 bar)

Right to make technical amendments reserved.

42X-Meter



End hose not to be operated in caution area.



Putzmeister America
1733 90th Street
Sturtevant
Wisconsin 53177 USA

Telephone (262) 886-3200
(800) 884-7210
Facsimile (262) 884-6338
www.putzmeister.com

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Risas Romadhon Ridhoh, lahir di Lumajang 11 Februari 1996, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 03 Sumberjati, SMPN 1 Tempeh Lumajang dan SMA Muhammadiyah 2 Sidoarjo. Setelah lulus, penulis melanjutkan pendidikan di program D3 Teknik Sipil ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) Surabaya dan terdaftar dengan NRP 3113030093. Setelah lulus pada tahun 2016 penulis sempat bekerja pada perusahaan konsultan dan kontraktor PT. Korina, dan pada tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikan di program lanjut jenjang D4 Teknik Infrastruktur Sipil ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) dan terdaftar dengan NRP 10111715000046. Penulis bisa dihubungi lewat surel risas3dr@gmail.com.



DAFTAR GAMBAR

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP STRUKTUR PELAT LANTAI
MENGUNAKAN HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1 APARTEMENT TAMANSARI MAHOGANY

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
	COVER	-	-
	DAFTAR GAMBAR	-	-
	DAFTAR GAMBAR	-	-
	DAFTAR GAMBAR		
OVER VIEW PROJECT			
ARS	LOKASI PROYEK DAN SITE PLAN	NTB	01
ARS	TAMPAK 1	NTB	02
ARS	TAMPAK 2	NTB	03
DENAH LANTAI			
ARS	DENAH LANTAI 3	1: 250	04
ARS	DENAH LANTAI 4-5	1: 250	05
ARS	DENAH LANTAI 6-17	1: 250	06
ARS	DENAH LANTAI 18	1: 250	07
ARS	DENAH LANTAI 19	1: 250	08
ARS	DENAH LANTAI 20-25	1: 250	09
ARS	DENAH TIPE PELAT PRECAST	1: 250	10
ARS	JANGKAUAN TOWER CRANE	1: 250	11

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NOMOR GAMBAR
PELAT 1 ARAH			
STR	PELAT PRECAST TIPE B SATU ARAH	1: 30	12
STR	PELAT PRECAST TIPE C SATU ARAH	1: 20	13
STR	PELAT PRECAST TIPE E SATU ARAH	1: 30	14
STR	PELAT PRECAST TIPE J SATU ARAH	1: 30	15
STR	PELAT PRECAST TIPE R SATU ARAH	1: 30	16
STR	PELAT PRECAST TIPE U SATU ARAH	1: 30	17
PELAT 2 ARAH			
STR	PELAT PRECAST TIPE A DUA ARAH	1: 30	18
STR	PELAT PRECAST TIPE D DUA ARAH	1: 30	19
STR	PELAT PRECAST TIPE F DUA ARAH	1: 30	20
STR	PELAT PRECAST TIPE G DUA ARAH	1: 30	21
STR	PELAT PRECAST TIPE H DUA ARAH	1: 30	22
STR	PELAT PRECAST TIPE I DUA ARAH	1: 30	23
STR	PELAT PRECAST TIPE K DUA ARAH	1: 30	24
STR	PELAT PRECAST TIPE L DUA ARAH	1: 30	25
STR	PELAT PRECAST TIPE M DUA ARAH	1: 30	26
STR	PELAT PRECAST TIPE N DUA ARAH	1: 30	27
STR	PELAT PRECAST TIPE O DUA ARAH	1: 30	28
STR	PELAT PRECAST TIPE P DUA ARAH	1: 30	29
STR	PELAT PRECAST TIPE Q DUA ARAH	1: 30	30
STR	PELAT PRECAST TIPE S DUA ARAH	1: 30	31
STR	PELAT PRECAST TIPE T DUA ARAH	1: 30	32

Lokasi

Jl. Ateri Karawang Barat, Dusun Badami,
No. 8 RT. 04 RW. 02, Kel. Marga Kaya, Kec.
Telukjambe Barat, Karawang



SITE PLAN

1. Apartment Tower A
2. Apartment Tower B
3. Conditel
4. Commercial Area



Site Plan

1. Apartemen Towe A
2. Apartemen Tower B
3. Condotel
4. Commercial Area



Type Unit & Ukuran

- Studio
- 2 Bed Room A
- 2 Bed Room B

Ketinggian

- 27 Lantai

Jumlah Unit/Lantai

- 34 Unit

Kisaran Harga

- Rp. 250 Juta-550Juta

Jumlah Tower & Unit

- 2 Tower ; 800/Unit ;
- Total 1600 Unit

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY KARAWANG

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY KARAWANG

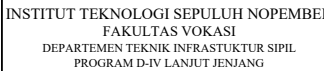
Fasilitas Pendukung

- Kolom Renang
- Jogging Track
- Resto
- Bar, Office dan Pusat Perbelanjaan

Selling Point

- Lokasi Terdepan dari Pintu Tol Karawang Barat
- Potensi Sewa Tinggi, Sewa Monthly Grand Citra (Disebelah Proyek) USD 2400/Bulan
- Hunia Senin-Jumat bagi Karyawan yang selama ini commuter dari Jakarta-Karawang





MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

JUDUL TUGAS AKHIR

**PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STRUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY**

LOKASI

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

KETERANGAN

MATERIAL

-f'c Beton	= 29,05 Mpa (K-350)
-fy (lentur)	= 400 Mpa
-fy (geser)	= 400 Mpa

FUNGSI

-Apartemen

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, M.T.
NIP. 19571201 198601 1 002

MAHASISWA

RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

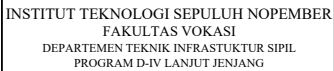
[illegible]

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR		SKALA
DENAH LANTAI 3		1:250
DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	ARS	04





MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

JUDUL TUGAS AKHIR

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

LOKASI

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

KETERANGAN

MATERIAL
 -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, M.T.
NIP. 19571201 198601 1 002

MAHASISWA

RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

[illegible]

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH LANTAI 4-5 1:250

DOKUMEN
GAMBAR DESAIN

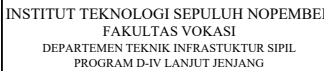
KODE	Uraian	Saldo
1000	Saldo Awal	0
1001	Saldo Akhir	0
1002	Saldo Awal	0
1003	Saldo Akhir	0
1004	Saldo Awal	0
1005	Saldo Akhir	0
1006	Saldo Awal	0
1007	Saldo Akhir	0
1008	Saldo Awal	0
1009	Saldo Akhir	0
1010	Saldo Awal	0
1011	Saldo Akhir	0
1012	Saldo Awal	0
1013	Saldo Akhir	0
1014	Saldo Awal	0
1015	Saldo Akhir	0
1016	Saldo Awal	0
1017	Saldo Akhir	0
1018	Saldo Awal	0
1019	Saldo Akhir	0
1020	Saldo Awal	0
1021	Saldo Akhir	0
1022	Saldo Awal	0
1023	Saldo Akhir	0
1024	Saldo Awal	0
1025	Saldo Akhir	0
1026	Saldo Awal	0
1027	Saldo Akhir	0
1028	Saldo Awal	0
1029	Saldo Akhir	0
1030	Saldo Awal	0
1031	Saldo Akhir	0
1032	Saldo Awal	0
1033	Saldo Akhir	0
1034	Saldo Awal	0
1035	Saldo Akhir	0
1036	Saldo Awal	0
1037	Saldo Akhir	0
1038	Saldo Awal	0
1039	Saldo Akhir	0
1040	Saldo Awal	0
1041	Saldo Akhir	0
1042	Saldo Awal	0
1043	Saldo Akhir	0
1044	Saldo Awal	0
1045	Saldo Akhir	0
1046	Saldo Awal	0
1047	Saldo Akhir	0
1048	Saldo Awal	0
1049	Saldo Akhir	0
1050	Saldo Awal	0
1051	Saldo Akhir	0
1052	Saldo Awal	0
1053	Saldo Akhir	0
1054	Saldo Awal	0
1055	Saldo Akhir	0
1056	Saldo Awal	0
1057	Saldo Akhir	0
1058	Saldo Awal	0
1059	Saldo Akhir	0
1060	Saldo Awal	0
1061	Saldo Akhir	0
1062	Saldo Awal	0
1063	Saldo Akhir	0
1064	Saldo Awal	0
1065	Saldo Akhir	0
1066	Saldo Awal	0
1067	Saldo Akhir	0
1068	Saldo Awal	0
1069	Saldo Akhir	0
1070	Saldo Awal	0
1071	Saldo Akhir	0
1072	Saldo Awal	0
1073	Saldo Akhir	0
1074	Saldo Awal	0
1075	Saldo Akhir	0
1076	Saldo Awal	0
1077	Saldo Akhir	0
1078	Saldo Awal	0
1079	Saldo Akhir	0
1080	Saldo Awal	0
1081	Saldo Akhir	0
1082	Saldo Awal	0
1083	Saldo Akhir	0
1084	Saldo Awal	0
1085	Saldo Akhir	0
1086	Saldo Awal	0
1087	Saldo Akhir	0
1088	Saldo Awal	0
1089	Saldo Akhir	0
1090	Saldo Awal	0
1091	Saldo Akhir	0
1092	Saldo Awal	0
1093	Saldo Akhir	0
1094	Saldo Awal	0
1095	Saldo Akhir	0
1096	Saldo Awal	0
1097	Saldo Akhir	0
1098	Saldo Awal	0
1099	Saldo Akhir	0
1100	Saldo Awal	0
1101	Saldo Akhir	0
1102	Saldo Awal	0
1103	Saldo Akhir	0
1104	Saldo Awal	0
1105	Saldo Akhir	0
1106	Saldo Awal	0
1107	Saldo Akhir	0
1108	Saldo Awal	0
1109	Saldo Akhir	0
1110	Saldo Awal	0
1111	Saldo Akhir	0
1112	Saldo Awal	0
1113	Saldo Akhir	0
1114	Saldo Awal	0
1115	Saldo Akhir	0
1116	Saldo Awal	0
1117	Saldo Akhir	0
1118	Saldo Awal	0
1119	Saldo Akhir	0
1120	Saldo Awal	0
1121	Saldo Akhir	0
1122	Saldo Awal	

NO. LBR



DENAH LANTAI 4-5

SKALA 1 : 250



MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

JUDUL TUGAS AKHIR

**PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STRUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY**

LOKASI

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

KETERANGAN

MATERIAL
-f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
-fy (lentur) = 400 Mpa
-fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
-Apartemen

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, M.T.
NIP. 19571201 198601 1 00

MAHASISWA

RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

[illegible]

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH LANTAI 6-11 1:250

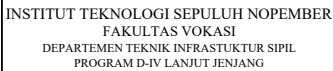
DOKUMEN
GAMBAR DESAIN

KODE

NO. LBR



SKALA 1 : 250



MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

JUDUL TUGAS AKHIR

**PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STRUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY**

LOKASI

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

KETERANGAN

MATERIAL
 -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, M.T.
NIP. 19571201 198601 1 002

MAHASISWA

RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

[illegible]

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR

SKALA

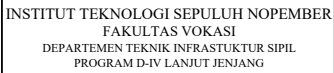
DENAH LANTAI 12-17 1:250

DOKUMEN
GAMBAR DESAIN

KODE

NO. LBR





MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

JUDUL TUGAS AKHIR

**PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY**

LOKASI

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

KETERANGAN

MATERIAL
 -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, M.T.
NIP. 19571201 198601 1 002

MAHASISWA

RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

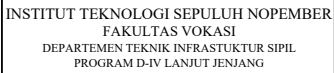
[illegible]

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR		SKALA
DENAH LANTAI 18		1:250
DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	ARS	08





MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

JUDUL TUGAS AKHIR

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STRUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

LOKASI

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

KETERANGAN

MATERIAL

-f'c Beton	= 29,05 Mpa (K-350)
-fy (lentur)	= 400 Mpa
-fy (geser)	= 400 Mpa

FUNGSI

-Apartemen

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, M.T.
NIP. 19571201 198601 1 002

MAHASISWA

RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

[illegible]

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH LANTAI 19

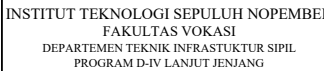
:250

DOKUMEN
GAMBAR DESAIN

KODE	Uraian	Saldo
100000	Saldo Awal	0
100001	Saldo Akhir	0
100002	Saldo Awal	0
100003	Saldo Akhir	0
100004	Saldo Awal	0
100005	Saldo Akhir	0
100006	Saldo Awal	0
100007	Saldo Akhir	0
100008	Saldo Awal	0
100009	Saldo Akhir	0
100010	Saldo Awal	0
100011	Saldo Akhir	0
100012	Saldo Awal	0
100013	Saldo Akhir	0
100014	Saldo Awal	0
100015	Saldo Akhir	0
100016	Saldo Awal	0
100017	Saldo Akhir	0
100018	Saldo Awal	0
100019	Saldo Akhir	0
100020	Saldo Awal	0
100021	Saldo Akhir	0
100022	Saldo Awal	0
100023	Saldo Akhir	0
100024	Saldo Awal	0
100025	Saldo Akhir	0
100026	Saldo Awal	0
100027	Saldo Akhir	0
100028	Saldo Awal	0
100029	Saldo Akhir	0
100030	Saldo Awal	0
100031	Saldo Akhir	0
100032	Saldo Awal	0
100033	Saldo Akhir	0
100034	Saldo Awal	0
100035	Saldo Akhir	0
100036	Saldo Awal	0
100037	Saldo Akhir	0
100038	Saldo Awal	0
100039	Saldo Akhir	0
100040	Saldo Awal	0
100041	Saldo Akhir	0
100042	Saldo Awal	0
100043	Saldo Akhir	0
100044	Saldo Awal	0
100045	Saldo Akhir	0
100046	Saldo Awal	0
100047	Saldo Akhir	0
100048	Saldo Awal	0
100049	Saldo Akhir	0
100050	Saldo Awal	0
100051	Saldo Akhir	0
100052	Saldo Awal	0
100053	Saldo Akhir	0
100054	Saldo Awal	0
100055	Saldo Akhir	0
100056	Saldo Awal	0
100057	Saldo Akhir	0
100058	Saldo Awal	0
100059	Saldo Akhir	0
100060	Saldo Awal	0
100061	Saldo Akhir	0
100062	Saldo Awal	0
100063	Saldo Akhir	0
100064	Saldo Awal	0
100065	Saldo Akhir	0
100066	Saldo Awal	0
100067	Saldo Akhir	0
100068	Saldo Awal	0
100069	Saldo Akhir	0
100070	Saldo Awal	0
100071	Saldo Akhir	0
100072	Saldo Awal	0
100073	Saldo Akhir	0
100074	Saldo Awal	0
100075	Saldo Akhir	0
100076	Saldo Awal	0
100077	Saldo Akhir	0
100078	Saldo Awal	0
100079	Saldo Akhir	0
100080	Saldo Awal	0
100081	Saldo Akhir	0
100082	Saldo Awal	0
100083	Saldo Akhir	0
100084	Saldo Awal	0
100085	Saldo Akhir	0
100086	Saldo Awal	0
100087	Saldo Akhir	0
100088	Saldo Awal	0
100089	Saldo Akhir	0
100090	Saldo Awal	0
100091	Saldo Akhir	0
100092	Saldo Awal	0
100093	Saldo Akhir	0
100094	Saldo Awal	0
100095	Saldo Akhir	0
100096	Saldo Awal	0
100097	Saldo Akhir	0
100098	Saldo Awal	0
100099	Saldo Akhir	0
100100	Saldo Awal	0
100101	Saldo Akhir	0
100102	Saldo Awal	0
100103	Saldo Akhir	0
100104	Saldo Awal	0
100105	Saldo Akhir	0
100106	Saldo Awal	0
100107	Saldo Akhir	0
100108	Saldo Awal	0
100109	Saldo Akhir	0
100110	Saldo Awal	0
100111	Saldo Akhir	0
100112	Saldo Awal	0
100113	Saldo Akhir	0
100114	Saldo Awal	0
100115	Saldo Akhir	

NO. LBR





MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

JUDUL TUGAS AKHIR

**PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STRUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY**

LOKASI

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

KETERANGAN

MATERIAL
-f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
-fy (lentur) = 400 Mpa
-fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
-Apartemen

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, M.T.
NIP. 19571201 198601 1

MAHASISWA

RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

[illegible]

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR

SKALA

DENAH LANTAI 20-25 1:250

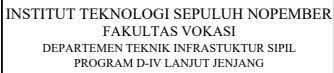
DOKUMEN
GAMBAR DESAIN

KODE

NO. LBR



SKALA 1 : 250



MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

JUDUL TUGAS AKHIR

**PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY**

LOKASI

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

KETERANGAN

MATERIAL

-f'c Beton	= 29,05 Mpa (K-350)
-fy (lentur)	= 400 Mpa
-fy (geser)	= 400 Mpa

FUNGSI

-Apartemen

DOSEN PEMBIMBING

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, M.T.
NIP. 19571201 198601 1

MAHASISWA

RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

[illegible]

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR

SKALA

TIPE PELAT PRECAST

:250

DOKUMEN
GAMBAR DESAIN

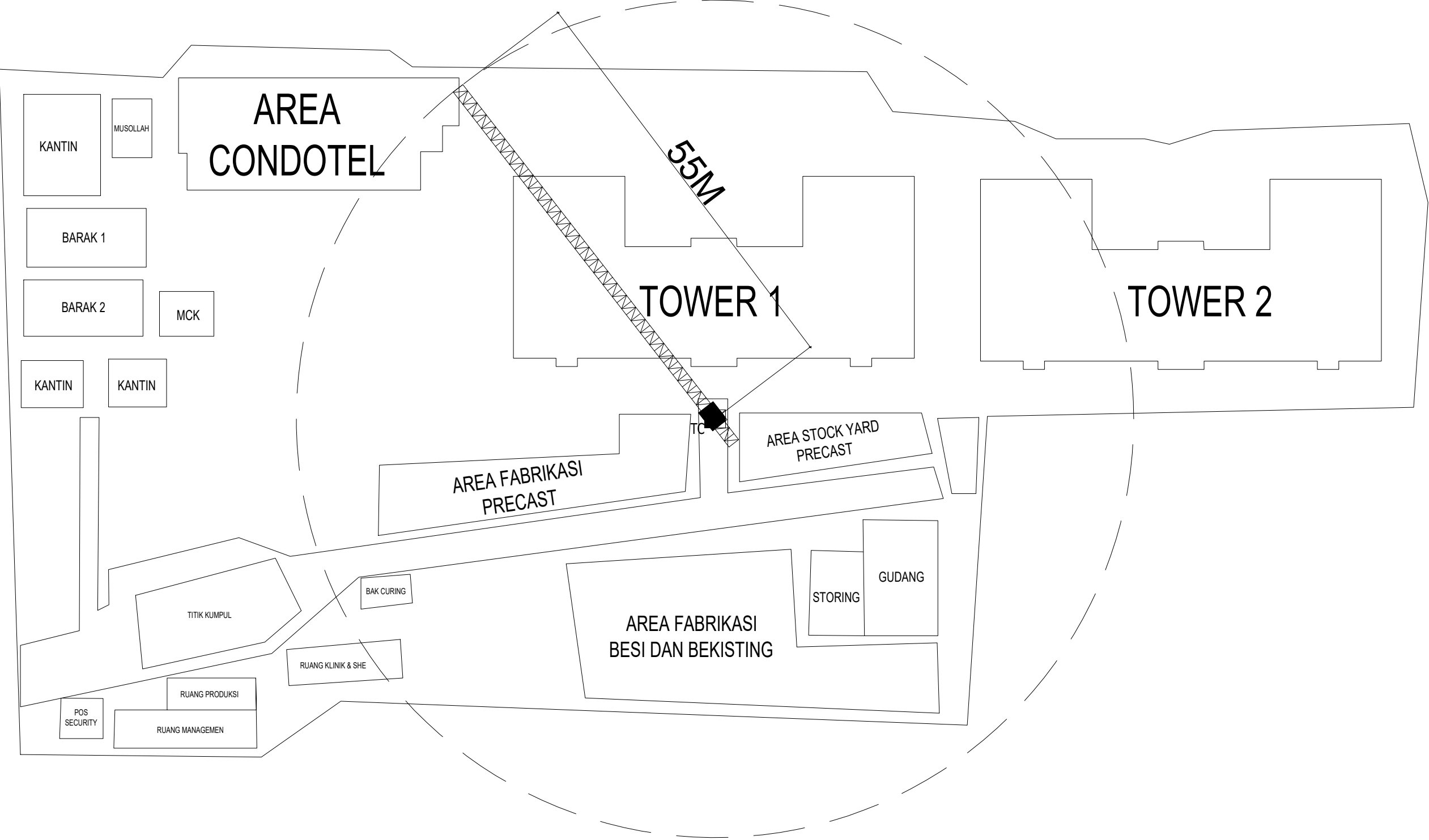
KODE

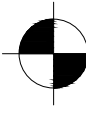
NO. LBF

ARS

11





 **JANGKAUAN TOWER CRANE**
Skala 1 : 550



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM D-IV LANJUT JENJANG

MATA KULIAH		
TUGAS AKHIR TERAPAN (RC 146599)		
JUDUL TUGAS AKHIR		
PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25 PROYEK GEDUNG TOWER 1 APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY		
LOKASI		
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY KARAWANG		
KETERANGAN		
MATERIAL -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350) -fy (lentur) = 400 Mpa -fy (geser) = 400 Mpa FUNGSI -Apartemen		
DOSEN PEMBIMBING		
Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T. NIP. 19530529 198211 1 001 Ir. SUKOBAR, M.T. NIP. 19571201 198601 1 002		
MAHASISWA		
RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046		
NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL
SUB KAWASAN/ BANGUNAN		
APARTEMEN		
JUDUL GAMBAR		SKALA
JANGKAUAN TOWER CRANE		1:550
DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	ARS	12



TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
-f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
-fy (lentur) = 400 Mpa
-fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
-Apartemen

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

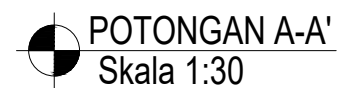
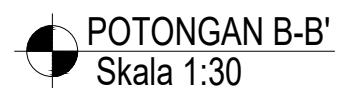
RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

SKALA

1:30	
1:3	

NO. LBR	
---------	--





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
 -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

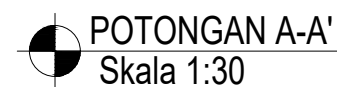
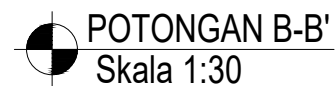
MAHASISWA

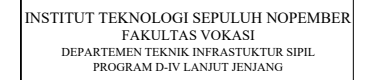
[illegible]

APARTEMEN

PELAT PRECAST
TIPE C
SATU ARAH

DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	14





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
 -fc Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

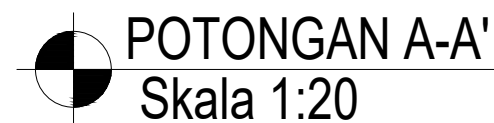
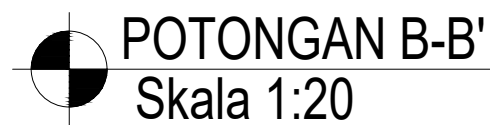
Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

[illegible]

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR		SKALA
<p align="center">PELAT PRECAST TIPE E SATU ARAH</p>		<p align="center">1:20 1:2</p>
DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	15





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
-f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
-fy (lentur) = 400 Mpa
-fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
-Apartemen

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

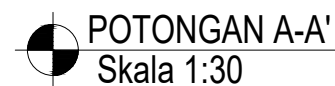
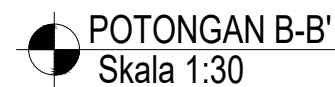
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

SKALA

1:30	
1:3	

NO. LBR

16





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
 -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

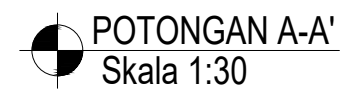
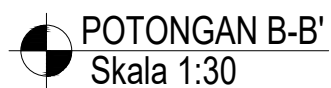
RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
--------------	-------

1:30	
1:3	

DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	17





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
-f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
-fy (lentur) = 400 Mpa
-fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
-Apartemen

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

MAHASISWA

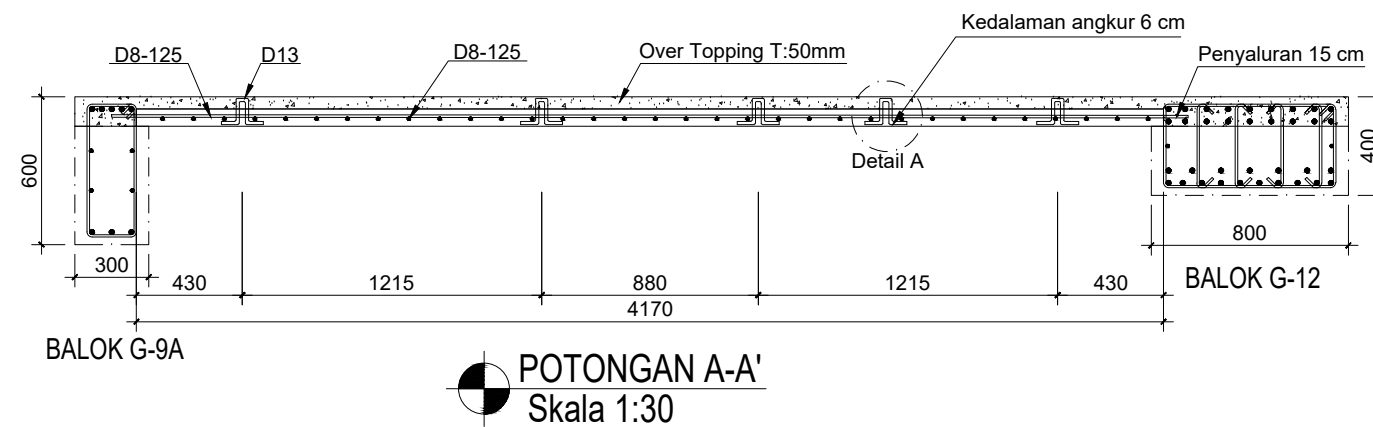
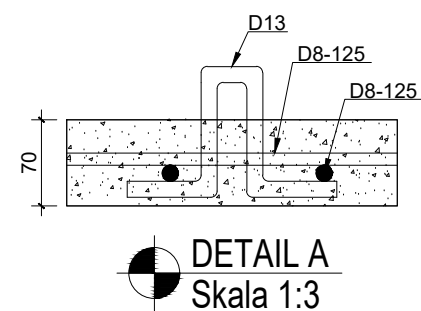
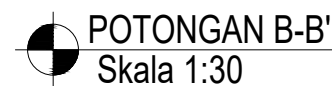
NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL
-----	-------------------	---------

[illegible]

APARTEMEN

PELAT PRECAST
TIPE U
SATU ARAH

DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	18





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
-f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
-fy (lentur) = 400 Mpa
-fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
-Apartemen

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

MAHASISWA

[illegible]

APARTEMEN

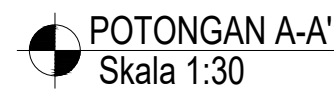
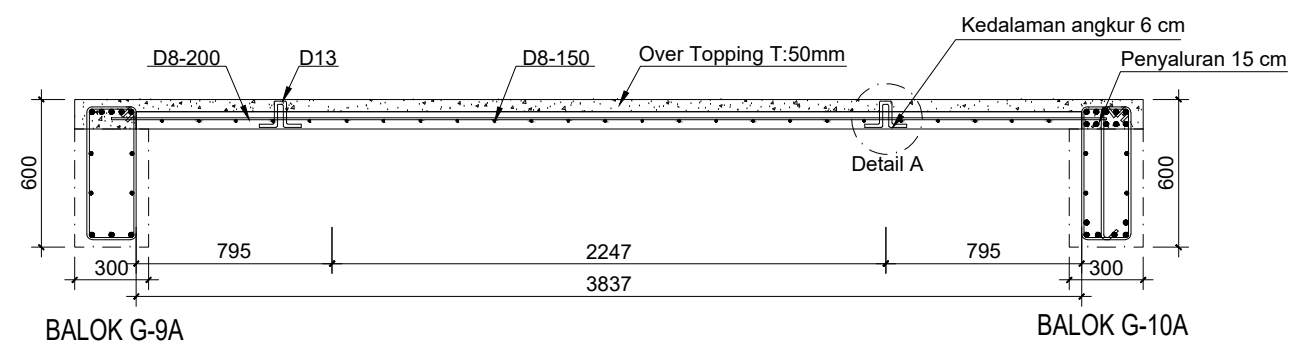
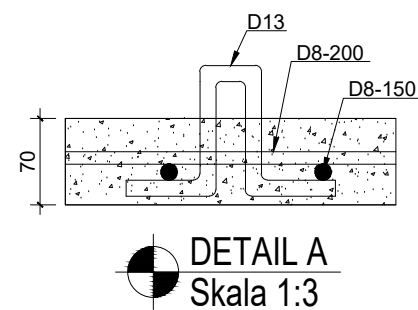
SKALA

PELAT PRECAST
TIPE A
DUA ARAH

DOKUMEN
GAMBAR DESAIN

KODE	NO. LBR
------	---------

STR	18
-----	----





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

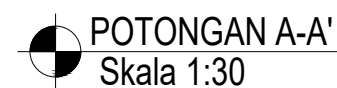
	KETERANGAN
--	------------

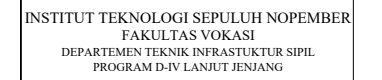
RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

SUB KAWASAN/ BANGUNAN				
-----------------------	--	--	--	--

PELAT PRECAST	1:30
TIPE D	1:3
DUA ARAH	

DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	19





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
 -fc Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

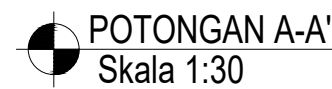
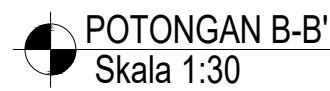
RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
--------------	-------

1:30	
1:3	

DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	20





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
 -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, M.T.
NIP. 19571201 198601 1 002

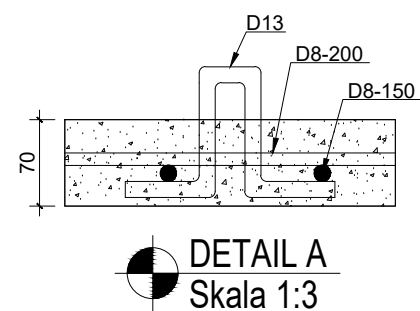
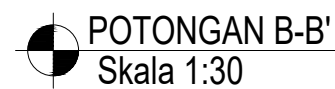
RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
--------------	-------

1:30	
1:3	

DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	21





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
 -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

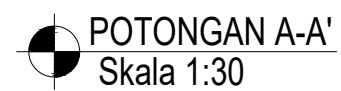
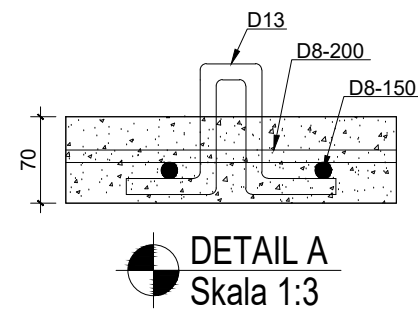
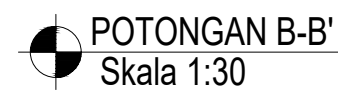
Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

PELAT PRECAST
TIPE H
DUA ARAH

DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	22





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL

- fc Beton = 29,05 Mpa (K-350)
- fy (lentur) = 400 Mpa
- fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI

- Apartemen

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

Ir. SUKOBAR, M.T.
NIP. 19571201 198601 1 002

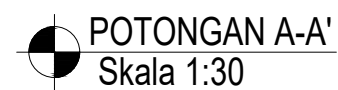
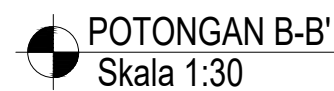
RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

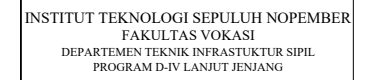
SUB KAWASAN/ BANGUNAN

JUDUL GAMBAR	SKALA
--------------	-------

PELAT PRECAST
TIPE I
DUA ARAH

DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	23





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
 -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

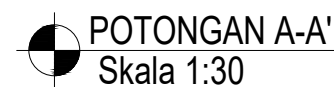
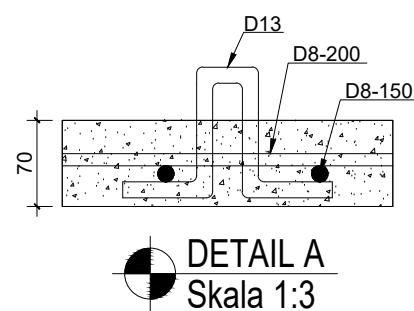
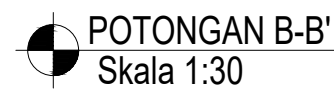
Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

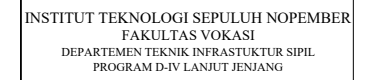
RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

[illegible]

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR		SKALA
<p align="center">PELAT PRECAST TIPE K DUA ARAH</p>		<p align="center">1:30 1:3</p>
DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	24





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

<u>MATERIAL</u>	
-f'c Beton	= 29,05 Mpa (K-350)
-fy (lentur)	= 400 Mpa
-fy (geser)	= 400 Mpa
<u>FUNGSI</u>	
-Apartemen	

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

MAHASISWA

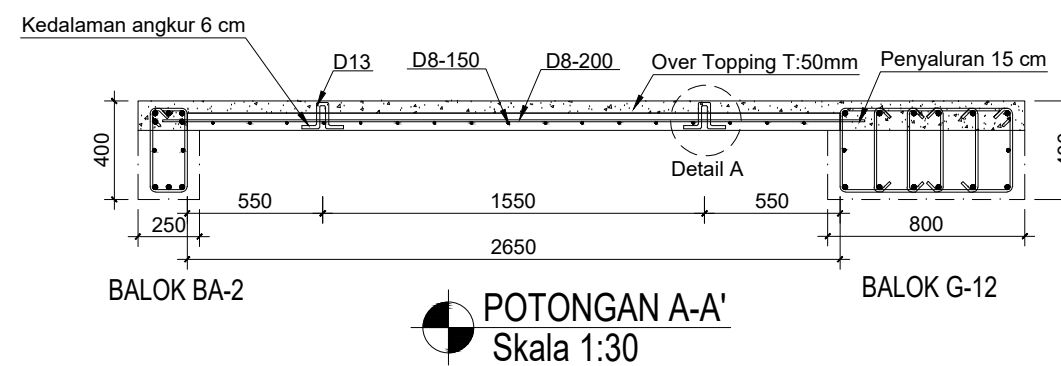
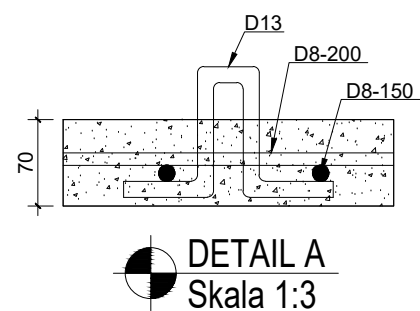
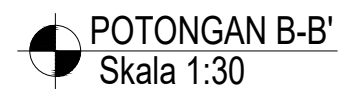
NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL
-----	-------------------	---------

[illegible]

APARTEMEN

PELAT PRECAST	1:30
TIPE L	1:3
DUA ARAH	

DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	25





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL	
-f'c Beton	= 29,05 Mpa (K-350)
-fy (lentur)	= 400 Mpa
-fy (geser)	= 400 Mpa
FUNGSI	
-Apartemen	

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

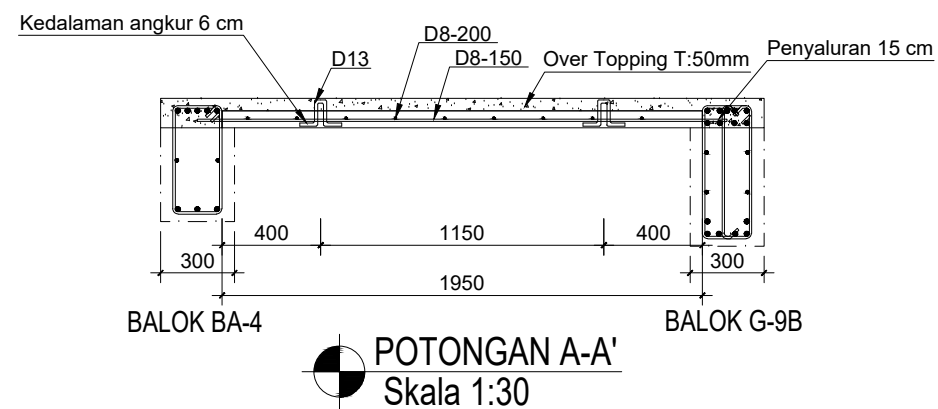
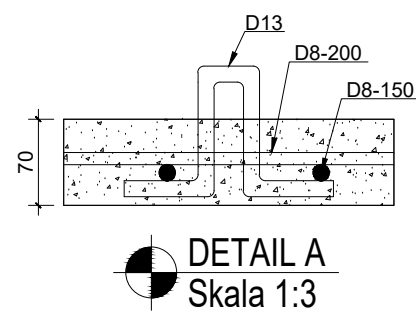
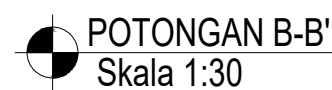
Ir. SUKOBAR, M.T.
NIP. 19571201 198601 1 002

RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

[illegible]

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR		SKALA
<p align="center">PELAT PRECAST TIPE M DUA ARAH</p>		<p align="center">1:30 1:3</p>
DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	26





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
 -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

MAHASISWA

NO.	KETERANGAN REVISI	TANGGAL
-----	-------------------	---------

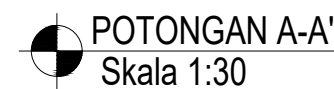
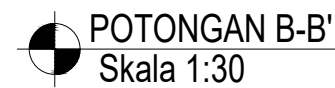
[illegible]

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR	SKALA
--------------	-------

PELAT PRECAST
TIPE N
DUA ARAH

DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	27





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
 -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

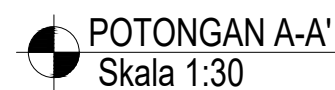
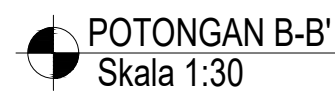
Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

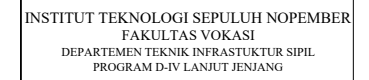
RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

PELAT PRECAST
TIPE O
DUA ARAH

DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	28





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
 -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

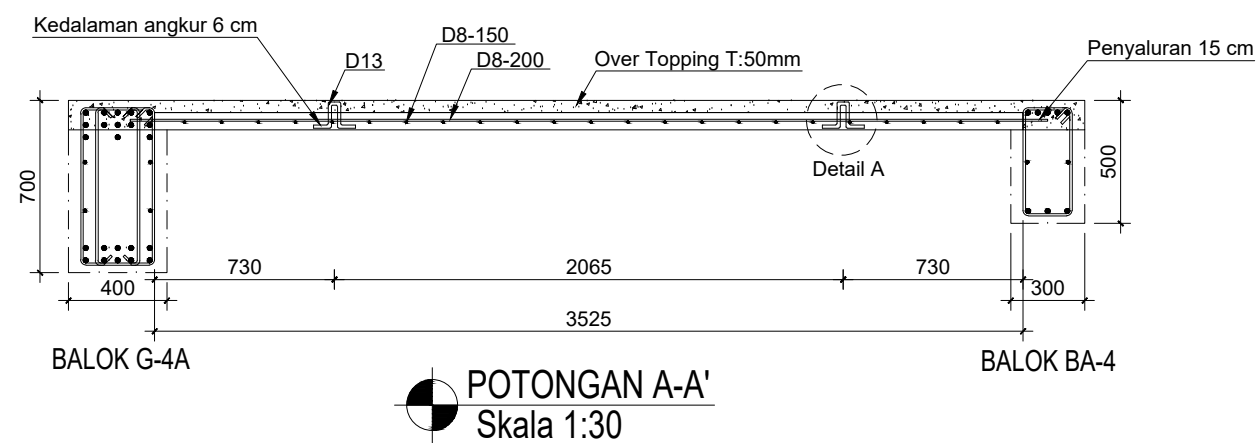
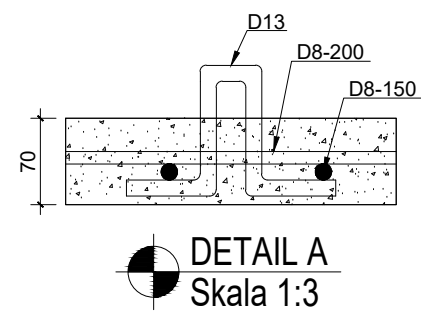
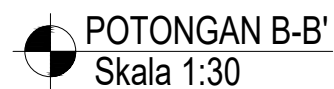
Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

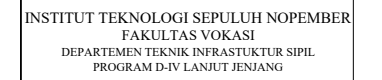
RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

[illegible]

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR		SKALA
<p align="center">PELAT PRECAST TIPE P DUA ARAH</p>		<p align="center">1:30 1:3</p>
DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	29





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
 -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

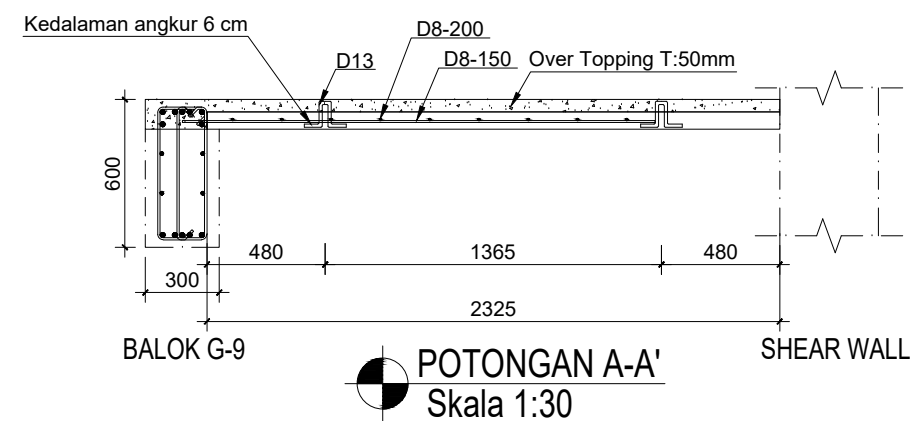
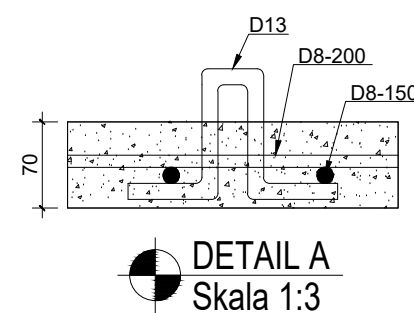
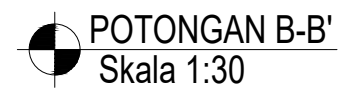
Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

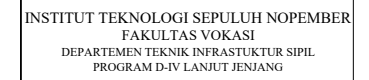
RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

SUB KAWASAN/ BANGUNAN

PELAT PRECAST
TIPE Q
DUA ARAH

DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	30





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

<u>MATERIAL</u>	
-f'c Beton	= 29,05 Mpa (K-350)
-fy (lentur)	= 400 Mpa
-fy (geser)	= 400 Mpa
<u>FUNGSI</u>	
-Apartemen	

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

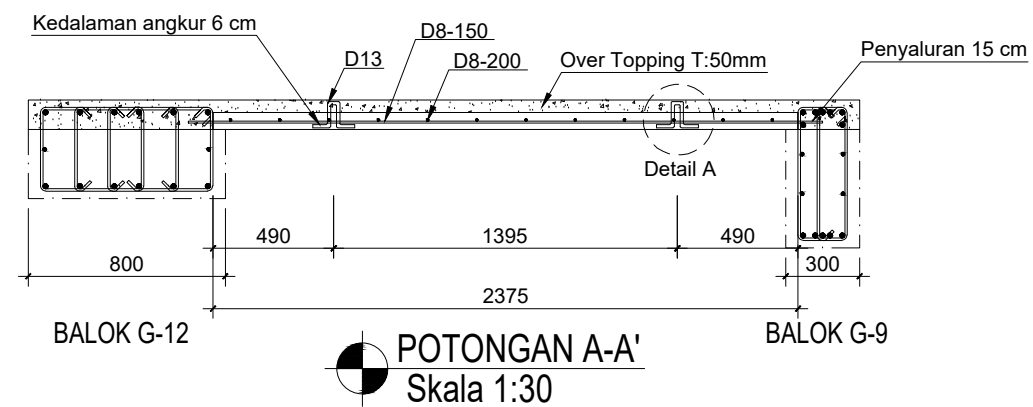
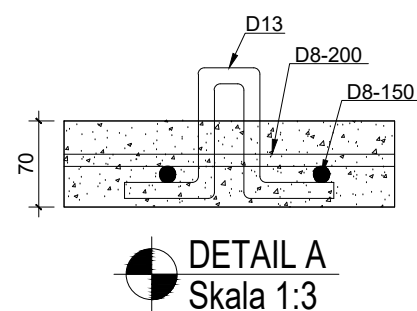
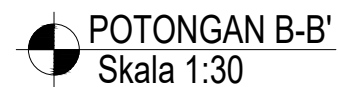
Ir. SUKOBAR, M.T.
NIP. 19571201 198601 1 002

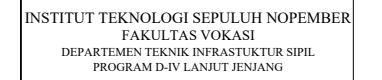
RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

[illegible]

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR		SKALA
<p>PELAT PRECAST TIPE S DUA ARAH</p>		<p>1:30 1:3</p>
DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	31





TUGAS AKHIR TERAPAN
(RC 146599)

PENERAPAN VALUE ENGINEERING TERHADAP
STUKTUR PELAT LANTAI MENGGUNAKAN
HALF SLAB PRECAST PADA LANTAI 3-25
PROYEK GEDUNG TOWER 1
APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY

APARTEMEN TAMANSARI MAHOGANY
KARAWANG

MATERIAL
 -f'c Beton = 29,05 Mpa (K-350)
 -fy (lentur) = 400 Mpa
 -fy (geser) = 400 Mpa

FUNGSI
 -Apartemen

Ir. IMAM PRAYOGO, M.M.T.
NIP. 19530529 198211 1 001

RISAS ROMADHON RIDHOH 10111715000046

APARTEMEN

JUDUL GAMBAR		SKALA
<p>PELAT PRECAST TIPE T DUA ARAH</p>		<p>1:30 1:3</p>
DOKUMEN GAMBAR DESAIN	KODE	NO. LBR
	STR	32

